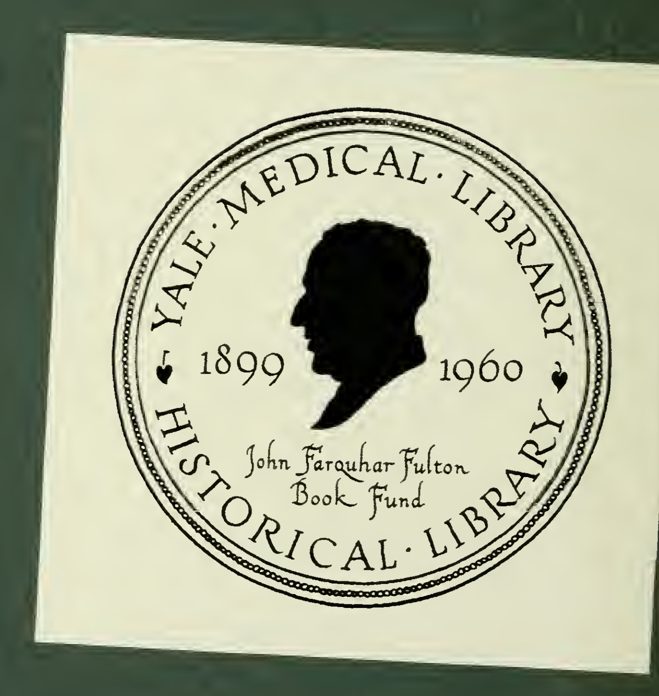


Rabaud & Monpillard

Atlas d'Histologie normale

Tissus & Organes

Georges CARRÉ & C. NAUD
Éditeurs


YALE · MEDICAL · LIBRARY
1899
1960
John Farquhar Fulton
Book Fund
HISTORICAL · LIBRARY

A mon maître le professeur Joffroy,
respectueux hommage
Paris 11 Mars 1900
[illegible] Rabaud

ATLAS

D'HISTOLOGIE NORMALE

ATLAS
D'HISTOLOGIE NORMALE

PRINCIPAUX TISSUS ET ORGANES

PAR MM.

LE Dr ÉTIENNE RABAUD
Docteur ès sciences, Chef de laboratoire
à la Faculté de Médecine de Paris

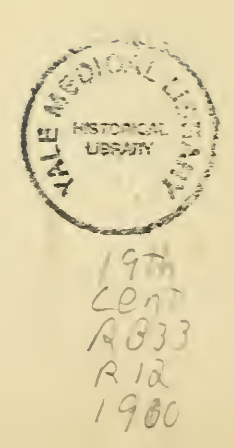
FERNAND MONPILLARD
Membre
de la Société française de Photographie

CINQUANTE PLANCHES MICROPHOTOGRAPHIQUES EN COULEURS



PARIS
GEORGES CARRÉ ET C. NAUD, ÉDITEURS
3, RUE RACINE, 3

1900



PRÉFACE

L'histologie est graduellement devenue la base nécessaire de l'anatomie, de la physiologie et de la pathologie. Cependant, il faut le reconnaître, le plus grand nombre des étudiants ignore presque complètement cette partie de la science, ou, dans tous les cas, n'en possède que des notions théoriques tout à fait insuffisantes. La raison en est, le plus souvent, que l'élève a été rebuté dès le principe par une étude en réalité difficile, à laquelle il ne peut consacrer qu'une partie très limitée de son temps. Or, ce n'est pas en quelques jours que l'œil s'habitue à voir au microscope, à interpréter sainement les aspects divers des coupes histologiques.

Imbus de cette idée, nous avons pensé qu'il pourrait être utile de mettre sous les yeux des débutants et des praticiens des planches photographiques soigneusement exécutées. Celles-ci ont l'immense avantage de rendre exactement la physionomie microscopique et la vérité des détails, « de mettre l'objet même sous les yeux et à la main du lecteur, comme le fait un professeur de botanique qui passe dans l'amphithéâtre la feuille dont il indique les caractères et

les dispositions » (1). Car, il est incontestable que le dessin le plus fidèle, et, à plus forte raison, le schéma, sont incapables de donner aux personnes inexpérimentées une idée juste des tissus et des organes. Le dessin, si exact soit-il, est toujours une interprétation nécessairement incomplète : il accentue certains traits, en supprime d'autres; l'image n'est pas la réalité, elle ne permet pas de reconnaître avec certitude le tissu qu'elle prétend représenter. Toutefois, dans notre pensée, cet atlas ne peut ni ne doit supprimer le microscope, — il est simplement destiné à en faciliter l'usage, — pas plus qu'il ne peut remplacer la représentation théorique, qui seule donne des objets étudiés une connaissance première générale indispensable.

Nous ajouterons que ce livre n'a pas davantage pour objet de se substituer aux traités classiques d'histologie ; il est au contraire destiné à les accompagner, à les compléter. Il permettra de suivre les détails des descriptions, il donnera l'illusion réelle d'une chose vue; partant, il deviendra l'auxiliaire précieux de la mémoire. Cependant, nous n'avons pas cru pouvoir livrer isolément les planches et leurs légendes, sans les faire précéder de quelques notions générales d'histologie, destinées à montrer comment on s'explique à l'heure actuelle la formation même des tissus. Ces notions ne sont pas nouvelles : Hœckel les a indiquées il y a trente ans déjà; Verworn, Berthold, Le Dantec, dans ces dernières années, les ont reprises et

---

(1) Al. Donné et Foucault. Cours de microscopie complémentaire des études médicales. *Atlas microscopique et physiologique des fluides de l'économie.* Paris, 1845.

brillamment développées à la lumière des faits nouveaux. Elles demandent à être répandues dans la plus large mesure possible, puisqu'elles sont la base même de la Biologie, puisqu'en particulier elles donnent la clef des formations histologiques, des différences de nature chimique entre les divers éléments révélées par les réactifs colorants. Ce dernier point de vue suffirait à légitimer leur place en tête de cet atlas, à montrer que ces notions de morpho-dynamie sont l'indispensable préambule à toute étude de microscopie pratique. Nous nous sommes essayés à les condenser sous une forme claire et précise, en indiquant leur application directe à l'histologie.

L'atlas comprend deux séries de planches : les premières représentent les tissus ; les secondes représentent les organes principaux, ceux sur la structure desquels il est le plus nécessaire de posséder des notions exactes devant servir de base à la physiologie, la pathologie ou la médecine légale. Toutes ces planches n'ont peut-être pas une égale netteté : il est souvent des obstacles difficiles à surmonter, et nous avons dû subir la loi commune. Mais il faut dire en toute justice que les défectuosités sont entièrement imputables au préparateur et non pas au photomicrographe.

Nous n'avons pas cru devoir multiplier ces planches autant qu'il pourrait le paraître nécessaire au premier abord, c'est-à-dire représenter chaque tissu ou organe à divers grossissements, le montrer sous divers aspects, en mettre en lumière tous les détails. A faire ainsi,

cinquante planches auraient à peine suffi pour trois ou quatre organes. Ce n'était point là le but que nous nous proposions. En effet, il ne s'agissait pas tant de faire un livre d'érudition savante qu'un livre élémentaire, utile au plus grand nombre. Dans la mesure du possible, nos planches montrent tout ce qui est essentiel dans un organe pour permettre d'établir un diagnostic exact et donner de cet organe une idée précise ; elles ne montrent pas tout et ne sauraient tout montrer.

De leur côté, les légendes explicatives sont réduites à ce qui est strictement utile pour la description et la compréhension des planches ; elles ne remplacent en aucune façon un traité d'histologie. C'est en toute connaissance de cause que nous avons passé sous silence les détails que nous ne pouvions montrer ou tout au moins indiquer.

Chaque planche porte l'indication précise de l'origine de la préparation (homme, chien, cobaye, etc.), le sens de la coupe, la valeur des grossissements. Il sera ainsi facile aux débutants de retrouver, — s'ils veulent eux-mêmes voir directement au microscope —, l'aspect sous lequel les préparations sont présentées.

Disons enfin que cet atlas est un premier essai. Si le succès réclame des éditions nouvelles, nous nous efforcerons d'améliorer nos planches, de les multiplier dans une certaine mesure, tant par la représentation des organes que nous avons laissés de côté, que par la représentation, sous d'autres aspects, de ceux qui y figurent déjà.

E. R. — F. M.

Paris, 1er mai 1899.

INTRODUCTION A L'HISTOLOGIE

> Les propriétés physiques et chimiques infiniment variées et complexes des corps albuminoïdes sont les causes essentielles des phénomènes organiques ou vitaux.
>
> HAECKEL. Hist. de la Créat. nat. (trad. fr., p. 293).

Les organes, dont l'ensemble forme le corps des animaux, sont constitués par l'association d'un nombre restreint de parties plus simples, les *tissus*. D'un organe à l'autre, la disposition réciproque des tissus composants varie dans de larges limites ; ces tissus eux-mêmes présentent des modifications morphologiques importantes, tout en restant respectivement comparables entre eux, de sorte qu'on a pu, avec juste raison, appeler les tissus les *parties similaires* de l'organisme. Quel que soit, par exemple, le point du corps d'où ils proviennent, le tissu conjonctif reste toujours semblable à lui-même, l'épithélium conserve ses caractères essentiels. L'organe sera déterminé par le nombre et l'espèce des tissus combinés, par l'agencement de ces tissus les uns par rapport aux autres et par les modifications, d'apparence parfois légère, que chacun d'eux aura pu subir.

La ressemblance anatomique de ces parties similaires, de ces tissus, correspond à une ressemblance physiologique, chacun possédant une activité fonctionnelle du même ordre dans les divers organes qu'il contribue à constituer.

La première notion précise de tissu est due à Xavier Bichat; elle a été modifiée dans une large mesure depuis son introduction dans la science. Bichat distinguait un assez grand nombre de tissus; aujourd'hui on les ramène tous à quelques formes générales dont la réunion suffit à constituer tous les organes. Ainsi l'on a pu faire rentrer dans le cadre général certains cas particuliers qui paraissaient devoir fournir matière à un groupe spécial : le tissu cristallinien, par exemple, s'est trouvé ramené aux épithéliums.

Ces résultats sont dus aux données fournies par l'étude du développement embryonnaire et l'examen microscopique des tissus adultes. Les recherches, dans l'un et l'autre ordre d'idées, loin d'amoindrir la haute conception de Bichat, l'ont au contraire élargie, rendue féconde, en montrant, d'une part, que les *parties similaires* de l'organisme se résolvent toutes, en dernière analyse, en un nombre considérable de particules associées, les *cellules* ou *plastides* ; en montrant, d'autre part, que ces cellules provoquent l'apparition de produits divers qui s'accumulent autour ou au dedans d'elles, donnant aux tissus leurs aspects particuliers.

L'étude analytique des groupements cellulaires, de la forme, des variations des cellules, des productions qui les accompagnent, tel est le but de l'Histologie.

Mais actuellement l'histologie ne saurait se borner à l'examen des tissus considérés en dehors de toute activité

et seulement dans leur forme adulte. Elle recherche aussi leur mode de formation et les causes de leur formation; elle veut connaître leur origine même, le pourquoi et le comment de leur existence. Par là, l'histologie remonte aux conditions premières et aux sources de la vie, à ses causes et à ses résultats. Assurément, elle ne songe point encore à résoudre tous ces grands problèmes, mais elle donne la marche à suivre, les indications générales pour faciliter les solutions.

Nous essayerons d'indiquer ces divers points.

I

La Cellule. — La Vie cellulaire.

I. CONSTITUTION DE LA CELLULE

La cellule ou plastide, considérée isolément, est un corpuscule sphérique, de dimensions toujours limitées, dépassant rarement quelques millièmes de millimètre (1). Au centre de ce corpuscule ou *corps cellulaire* se trouve un sphérule réfringent, le *noyau*. La substance qui constitue cet ensemble a reçu le nom de *protoplasma*. Au point de vue chimique, elle se rapproche des albumines (2) ; on lui reconnaît un certain nombre de propriétés, les *propriétés vitales*: c'est, en un mot, la *substance vivante*, la *base physique de la vie* de Huxley.

Ce protoplasma n'est pas un tout homogène, mais un mélange de diverses substances dites *plastiques*, appartenant sans doute à un même groupe chimique. Les proportions de chacune d'elles dans le mélange varient dans

---

(1) L'unité de mesure, en micrographie, est le *millième de millimètre* ; on la désigne par la lettre μ.

(2) La formule de l'albumine *serait* $C^{60} H^{100} Az^{16} O^{20}$.

des limites assez étendues ; de sorte qu'en réalité il y a, non pas *un protoplasma*, mais *des protoplasmas*.

Ces variations distinguent entre elles les cellules d'espèces différentes ; elles font que tel protozoaire est dissemblable de tel autre. Dans un organisme complexe, agrégat de cellules, ces modifications établissent les démarcations entre les divers tissus. Remontant plus haut, on peut dire que les cellules initiales de ces organismes complexes, les œufs, donneront naissance à telle ou telle espèce, suivant leur constitution chimique ; celle-ci reste sensiblement la même pour tous les œufs d'une même espèce.

Quoi qu'il en soit, le protoplasma, mélange de substances plastiques, n'est pas dépourvu de structure. Qu'il s'agisse du corps cellulaire ou du noyau, on distingue une partie semi-liquide, anhiste, dans laquelle plongent les éléments figurés.

Structure du corps cellulaire. — La partie liquide du corps cellulaire, l'*hyaloplasma*, ne nécessite aucune description particulière. Il faut au contraire s'étendre sur les éléments figurés, le *spongioplasma*, au sujet desquels l'accord est loin d'être établi.

Un certain nombre d'observateurs décrivent ces éléments figurés comme s'ils étaient des *fibrilles* extrêmement fines, disposées autour du noyau.

D'autres admettent des *granulations* ou *microsomes*, disposées bout à bout, de façon à former des filaments ou *mitomes*, en nombre variable. De l'entre-croisement de ces mitomes résulte un réseau à mailles plus ou moins serrées.

D'autres encore pensent que le spongioplasma est une

masse continue, percée d'une infinité de vacuoles dans lesquelles vient se loger l'hyaloplasma.

Autour de chacune de ces diverses interprétations se groupe une série de variantes sur lesquelles il est inutile d'insister. Les unes et les autres reposent sur des faits d'observation ; — toutes peut-être sont exactes, en tant que cas particuliers. Le tort des divers auteurs a été précisément de vouloir appliquer à tous les plastides les données fournies par tel ou tel d'entre eux. En fait, il ne paraît pas possible de ramener la structure *des protoplasmas* à une seule description théorique. Le protoplasma n'est pas, nous l'avons vu, une substance chimiquement définie ; chaque espèce vivante est caractérisée par une formule protoplasmique ; bien plus, dans une espèce déterminée, le protoplasma subit des modifications suivant l'âge de la cellule et aussi, chez les êtres pluricellulaires, suivant la fonction de l'élément. Il est dès lors naturel que la structure du protoplasma varie d'une espèce à l'autre. Mais il est encore possible que, suivant la conception éclectique de Kœlliker, chacune des structures décrites corresponde à un état différent de la même cellule : le protoplasma serait homogène dans l'élément jeune ; plus tard apparaîtraient des vacuoles, d'abord très petites, qui, s'accroissant, finiraient par confluer successivement, pour aboutir à prendre un aspect réticulé ; ce réseau lui-même se romprait, en fin de compte, laissant à sa place des filaments libres. Une telle évolution n'a jamais été observée d'une façon positive, mais elle n'est contraire ni aux faits ni à la logique des choses ; il ne faut cependant l'accepter que sous toutes réserves.

Quoi qu'il en soit, il est constant que la zone périphérique du protoplasma se condense et forme à la cellule une sorte d'enveloppe. Mais il importe de distinguer cette condensation d'avec les *membranes d'enveloppes* très communes, sinon généralisées, dans le règne végétal, et que l'on rencontre autour de certaines cellules animales. Nous aurons l'occasion de montrer que ces *membranes d'enveloppes* ne sont pas du protoplasma, mais le produit de son activité fonctionnelle.

Structure du noyau. — Au sujet du noyau, les descriptions concordent assez bien, et l'on peut, sans forcer les faits, établir un schéma correspondant à la réalité.

Chromatine et linine. — Tout comme le corps cellulaire, le noyau se compose d'une substance figurée et d'une partie transparente, semi-fluide, le *suc nucléaire*. La substance figurée se présente, *dans la très grande majorité des cas*, sous forme d'un filament unique (*Karyomitome* de Flemming) d'une longueur variable, toujours pelotonné sur lui-même. Ce filament est constitué par une série de granulations (*Karyomicrosomes*) disposées en chapelet, qui s'imprègnent très aisément des réactifs colorants, propriété qui a valu à la substance de ces granulations le nom de *chromatine*.

Ces granulations sont enchâssées bout à bout dans un cylindre de substance rebelle aux colorants, la *linine*.

Nucléoles. — En outre, on peut trouver dans l'intérieur du noyau des granulations volumineuses, indépendantes du chapelet de chromatine, désignées sous le nom de *nucléoles*. Les nucléoles ne sont pas constants : quand ils existent, leur nombre varie de un à trois; ils n'ont pas la réaction de la chromatine.

Membrane du noyau. — Le noyau est séparé du corps cellulaire qui l'environne par une membrane, qui est sans doute une simple condensation périphérique des granulations de chromatine.

Centrosome. — Il est encore un dernier détail de la constitution des cellules sur lequel il faut insister.

On observe dans tout plastide un corpuscule sphérique extrêmement petit, se colorant fortement sous l'influence des réactifs, c'est le *centrosome*, situé dans le corps cellulaire au voisinage du noyau ; son importance apparaît lorsque la cellule se divise. Le centrosome occupe le centre d'un espace clair autour duquel rayonnent de petits filaments ; l'ensemble porte le nom de *sphère attractive* (fig. 1, p. 21).

L'existence du centrosome et de la sphère attractive a été constatée, par de très nombreux observateurs, dans des cellules appartenant à des espèces variées ; c'est donc un élément constant.

2. FONCTIONS DE LA CELLULE

Tel est le plastide, tel est l'élément que l'on trouve toujours en dernière analyse dans la constitution d'un tissu.

Les détails de sa structure ont été le point de départ d'un nombre considérable de théories et d'hypothèses, tant physiologiques que philosophiques, sur ses fonctions.

Toutes ces théories ont pour base ce fait fondamental, sur lequel on ne saurait trop attirer l'attention, à savoir que, si le plastide est l'élément anatomique, il est aussi

l'élément physiologique, ce qui revient à dire que l'activité fonctionnelle d'un tissu est la résultante des activités fonctionnelles de chacun des plastides composants. On sait aujourd'hui que l'activité fonctionnelle d'un plastide n'est pas autre chose qu'une série d'échanges avec le milieu extérieur, grâce auxquels le plastide renouvelle sa substance par l'*assimilation* de matériaux divers. Or, si à côté des plastides associés en tissus on considère les cellules libres, telles que les infusoires, un certain nombre d'algues et de champignons qui diffèrent des éléments d'un tissu simplement par leur indépendance, on est conduit à conclure que tout plastide, quel qu'il soit, est un être vivant en miniature. La vie en commun n'enlève aux cellules aucune de leurs propriétés essentielles, qui sont les propriétés vitales ; seulement elles subissent le sort de tout individu dans une société, elles subissent la loi de la division du travail. Un plastide se nourrit, respire, sent, se meut et se reproduit, il manifeste une *vie élémentaire* ; une série d'observations et d'expériences faciles à tenter le démontrent surabondamment (1).

Ces diverses propriétés de la substance vivante, qui, au premier abord, semblent différer, par leur nature même, des propriétés de la substance inerte, s'en rapprochent au contraire. Des unes aux autres il n'y a qu'une question de degrés. Au fond, la caractéristique vraie du protoplasma, c'est d'être en constantes relations d'échanges avec le milieu extérieur, c'est de subir, sous toutes ses

---

(1) Pour les détails de ces expériences, voir : Mathias-Duval, Précis d'histologie, 1897.

formes, l'influence de ce milieu et de réagir dans tous les cas par une série complexe de combinaisons et de dissociations chimiques. Tandis qu'un corps inerte, après quelques échanges, disparaît, laissant la place à d'autres composés, la substance vivante non seulement persiste, mais s'accroît. Ceci, nous le verrons, n'est pas un phénomène nouveau.

Les diverses réactions intraplastidiennes se traduisent par des mouvements, des déplacements, par un état fonctionnel en un mot : que les échanges cessent, que le protoplasma ne s'accroisse plus, n'*assimile* plus de nouvelle substance à l'ancienne, il cesse de fonctionner ; bien plus, il ne tarde pas à se dissocier en tout ou partie, à *dégénérer* ; on dit qu'il *meurt*.

Nutrition. — Il faut donc étudier avec quelques détails les phénomènes de ces échanges chimiques.

Le protoplasma attire à lui — il s'agit d'une attraction purement physique — les particules qui l'environnent. Ces particules, une fois incorporées, peuvent être rejetées simplement, s'il n'y a point d'affinités chimiques entre elles et la substance cellulaire. Dans le cas contraire, on voit autour d'elles s'établir une vacuole pleine d'un liquide acide (1), sous l'action duquel se produisent une première série de réactions ; les particules englobées disparaissent peu à peu : il y a eu, pour employer l'expression commune, *digestion*. En fait, il s'est produit des composés

---

(1) La vacuole prend le nom de *pseudogaster* (faux estomac). On démontre l'acidité du liquide qu'elle renferme en imbibant les plastides de teinture de tournesol. Celle-ci vire au rouge, lorsqu'elle atteint la vacuole, et se mêle au liquide.

nouveaux, dont les uns sont du protoplasma et les autres des corps résiduels. Ceux-ci sont rejetés hors du corps de la cellule.

Pour appeler les choses par d'autres noms, on peut dire que les *aliments* ingérés ont été modifiés par *sécrétion acide,* qu'ils ont été *assimilés,* que les résidus ont été *excrétés.* L'assimilation se traduit par l'augmentation de la masse du protoplasma, et ce fait, si simple en apparence, révèle la nature même des réactions spéciales de la substance vivante que nous indiquions à la page précédente.

En effet, lorsqu'un expérimentateur place dans une cornue deux substances et les fait réagir l'une sur l'autre, l'expérience a pour résultat une substance nouvelle et des résidus de la combinaison. Les deux corps primitivement en présence ont *disparu* ou, dans tous les cas, ont *diminué de quantité,* ce qu'on peut représenter par la formule :

$$A + B = C + R,$$

A et B représentant les deux corps réagissant, C le corps nouveau produit, R les résidus accessoires.

Au contraire, lorsque le protoplasma se combine avec d'autres substances, *il se produit du protoplasma* et des résidus. De sorte que, des deux corps en présence, l'un disparaît, l'autre, le protoplasma, s'accroît. La réaction peut s'écrire très simplement :

$$P + N = kP + R \ (1),$$

P représentant le protoplasma, N une substance nutri-

(1) F. Le Dantec. Théorie nouvelle de la vie. Paris, 1896.

tive quelconque, R les produits résiduels, k étant un coefficient numérique supérieur à 1.

Ce phénomène, aboutissant à l'accroissement continu du protoplasma, est absolument caractéristique des réactions intra-cellulaires ; il est unique dans la chimie. Cependant, le Dr J. Deschamps (1) a montré qu'il n'est pas sans analogie avec certaines réactions connues — celles, par exemple, qui se passent dans la pile de Daniell. La chose est intéressante à noter, puisqu'elle nous permet de rattacher par un lien nouveau les phénomènes biologiques aux phénomènes chimiques.

Respiration. — L'assimilation ne peut s'effectuer sans oxygène ; il faut donc que les plastides absorbent ce gaz, c'est-à-dire respirent. Il est facile de montrer qu'un milieu confiné d'air ou d'eau, où vivent des plastides, ne tarde pas à être privé d'oxygène, tandis qu'il est saturé d'acide carbonique, l'un des résidus des réactions protoplasmiques. Il est évident que cette modification apportée au milieu ne peut être due qu'à l'activité des plastides. Ceux-ci, d'ailleurs, dans un milieu désoxygéné, cessent bientôt de manifester leur vie.

Mouvement. — Les réactions chimiques de l'assimilation ne se font pas sans production de chaleur. Ce mode de l'énergie n'est point perdu pour le protoplasma, qui est mis en mouvement. Dans les formes cellulaires les plus simples, ce sont des mouvements de reptation très particuliers, dits mouvements *amœboïdes,* du nom des

---

(1) Dr J. Deschamps. Etude sur les principes et les applications de la physiologie et de la pathologie cellulaire. Paris, 1898, p. 39.

amœbes, chez lesquels ils ont été observés pour la première fois. Dans ce mode de déplacement, le corps cellulaire est en constante déformation. Au repos, il est sensiblement sphérique ; au moment où la locomotion commence à s'effectuer, la surface protoplasmique pousse une hernie de plus en plus saillante : il s'en produit ainsi trois ou quatre très voisines. La substance du corps cellulaire se transporte peu à peu dans ces hernies, qui grandissent progressivement et s'épaississent, puis, se soudant entre elles, finissent par reconstituer une masse sphérique, lorsque le protoplasma tout entier s'est transporté dans ses prolongements. Le phénomène achevé, on voit que le plastide a quitté la place qu'il occupait primitivement ; il s'est déplacé d'une longueur égale à la dimension maximum des prolongements. Tout se passe comme si les prolongements, cramponnés par leur extrémité, attiraient à eux le corps cellulaire ; ils jouent le rôle de membres locomoteurs transitoires ; ils ont reçu le nom de *pseudopodes* ou *faux-pieds*.

Supposons ces pseudopodes devenus permanents, en nombre déterminé, avec une forme et des fonctions précises ; supposons-les très fins, agités d'un mouvement continu : nous aurons des *cils vibratiles,* agents moteurs d'un grand nombre de cellules. La permanence des pseudopodes sous forme de cils vibratiles s'allie avec la fixité de la forme du corps cellulaire. La vibration des cils suffisant à déplacer la masse, celle-ci n'a plus à se déformer.

Irritabilité. — L'irritabilité est une propriété vitale essentielle, mais elle n'est point spéciale au protoplasma. Ce n'est en somme qu'un nom sous lequel on désigne

la qualité grâce à laquelle les réactions chimiques peuvent se produire sous l'influence d'un choc. Ce phénomène si simple s'affirme à mesure que le protoplasma évolue; lorsque les cellules s'associent pour vivre en commun, l'irritabilité devient peu à peu la sensibilité capable de distinguer entre les diverses formes d'actions extérieures: contact, chaleur, lumière, etc.

Reproduction. — Lorsque la masse de la cellule a augmenté dans certaines limites par l'effet de l'assimilation, lorsque le volume de cette masse rend les échanges difficiles, son état d'équilibre avec le milieu extérieur se rompt, la cellule se divise; c'est là, dans toute sa simplicité, le phénomène de la *reproduction*.

Mais cette division n'est pas, dans le cas général, une simple scission; elle s'effectue suivant un mode particulier, dont il nous est actuellement difficile de saisir la cause réelle, et sur lequel il est toutefois indispensable de s'étendre. Il convient auparavant d'établir le rôle respectif du corps cellulaire et du noyau au cours des divers phénomènes que nous venons de passer rapidement en revue.

Rôle du corps cellulaire et du noyau dans les fonctions de la cellule. — Pour ce qui est de la digestion, de la respiration, de l'assimilation, du mouvement, le corps cellulaire paraît seul être le siège des réactions. Cependant, le noyau n'est sans doute pas inactif: lorsqu'il n'existe pas, la substance vivante ne tarde pas à se conduire comme un corps inerte; ses combinaisons suivent le mode normal, c'est-à-dire que le protoplasma se détruit, en donnant des composés nouveaux avec les matières en présence desquelles il se trouve.

Le professeur Balbiani (1) a montré, par une série de belles recherches, que toute particule protoplasmique séparée du noyau perd sans tarder la faculté d'*assimiler*; si elle peut encore ingérer, il ne se forme plus de pseudogaster; bientôt elle tombe en dégénérescence et disparaît au bout de 24 ou 48 heures. — Au contraire, toute portion du plastide pourvue de noyau assimile, et par suite compense plus ou moins vite la perte de substance. Même la régénération est possible à tout fragment comprenant à la fois une particule du corps cellulaire et une particule du noyau; au bout d'un laps de temps variable, corps cellulaire et noyau sont complètement reconstitués.

De plus, l'observation montre que, dans toute cellule, le noyau vient se placer du côté où les réactions sont le plus actives, par exemple au point où naît un pseudopode. Il peut même, dans certains cas, présenter des modifications de forme pendant que le corps cellulaire est en activité, pour redevenir sphérique quand le protoplasma revient au repos. Il est probable qu'il intervient directement dans les phénomènes chimiques intra-cellulaires; mais, comme cette intervention ne paraît pas active, on dit qu'il est *quiescent*.

On voit par là que le corps cellulaire et le noyau forment un tout indivisible, qui manifeste dans leurs détails, quoique simplifiées en apparence, toutes les fonctions d'un organisme vivant.

---

(1) F.-G. Balbiani. Recherches expérimentales sur la mérotomie des infusoires ciliés. *Recueil zool. suisse*, 1888.

Nouvelles recherches expérimentales sur la mérotomie des infusoires ciliés. *Annales de micrographie*, 1892-93.

Au reste, s'il est vrai que le corps cellulaire ne peut rien sans le noyau, il est également vrai que le noyau ne peut rien sans le corps cellulaire. Ainsi, dans les phénomènes de la génération, de la division plastidaire, le noyau devient nettement actif; le corps cellulaire, cependant, prend à ces phénomènes une part importante.

3. REPRODUCTION DE LA CELLULE

La division de la cellule soulève une importante question. Si cette division n'était que le simple rejet d'un excès de substance, la séparation se fera d'une façon quelconque. Si cette division est au contraire la mise en liberté d'un fragment cellulaire doué des mêmes propriétés, la séparation devra se faire dans des conditions telles que la cellule-fille renferme, sinon en quantité, du moins en qualité, les mêmes substances dont la nature chimique caractérise l'espèce. S'il en était autrement, tout fragment détaché de la masse initiale serait incapable de réagir comme il convient vis-à-vis du milieu ambiant, et ne tarderait pas à se détruire. Ces substances, caractéristiques de l'espèce, seront donc les *substances héréditaires*; leur transmission sera l'*hérédité*.

Quelles sont les substances héréditaires?

On observe d'une façon très générale que, dans la division d'un plastide, la masse du corps cellulaire détachée du plastide initial (*plastide-mère*) peut avoir un volume quelconque, équivalent ou inférieur au volume de ce plastide-mère. Mais, quel que soit ce volume, le *noyau-fille est*

toujours la moitié du noyau-mère. De plus, de l'ensemble des phénomènes que nous allons décrire, il résulte que les deux moitiés sont toujours égales en *quantité* et en *qualité*. De sorte que, la cellule-fille possédant les mêmes substances que la cellule-mère, si le corps cellulaire de celle-là n'a pas exactement un volume aussi considérable, les échanges nutritifs ne tarderont pas à rétablir l'équilibre.

Tout va donc tendre, au cours de la division du noyau ou *karyokinèse* (1), à une répartition égale de la substance nucléaire ou chromatine. Actuellement, il nous est difficile de nous rendre compte de la cause ou des causes du phénomène (2) ; constatons simplement les faits.

1° **Phase du peloton.** — Dès le début du phénomène, le noyau se présente comme un peloton extrêmement serré. A côté de lui, dans le corps cellulaire, se trouve le centrosome entouré de la sphère attractive.

n
s

Fig. 1.

2° **Phase du spirème** (fig. 1). — Bientôt le filament chromatique (*n*) s'épaissit aux dépens de sa propre substance,

---

(1) κάρυον, noyau ; κίνησις, mouvement, activité. On dit encore *Karyodiérèse* (division du noyau) ou *Cytodiérèse* (division du corps cellulaire). Tous ces termes, synonymes dans le langage courant, répondent en réalité, dans l'esprit de leurs auteurs, à une conception théorique sur l'essence même du phénomène.

(2) On a invoqué des causes purement mécaniques, qui très probablement entrent seules en jeu (on pourrait même dire certainement, si le noyau, comme dans la division directe, se scindait sans autre phénomène). La karyokinèse est une difficulté de plus ; nos connaissances ne nous permettent pas de la surmonter actuellement, mais elles nous permettent dans tous les cas de repousser le dogme d'une énergie propre à la cellule, d'un *principe vital*.

de telle sorte que l'épaississement entraîne un raccourcissement. S'épaississant en se raccourcissant, le filament se déroule; il devient facile de suivre ses contours.

Pendant ce temps, la membrane du noyau disparaît, phénomène qui s'explique aisément si cette membrane n'est elle-même qu'une partie du filament : elle a pris part au raccourcissement. De leur côté, le centrosome (*s*) et la sphère attractive se dédoublent ; chacun des centrosomes-filles gagne lentement les extrémités d'un même diamètre — un *pôle* — du plastide (fig. 2).

Au cours des phases suivantes, — et pour ne point y revenir, — les éléments protoplasmiques viennent se disposer en rayonnant autour des sphères attractives : un certain nombre de rayons se dirigent vers le noyau, le traversent et vont à la rencontre de rayons venus du centrosome opposé ; la conjonction de ces rayons donne un figuré fusiforme, le *fuseau achromatique* (*fa*).

3° **Phase de la rosette** (fig. 2) (aster chromatique, amphiaster achromatique). — Le filament nucléaire ou chromatique (*n*), épaissi et raccourci, se dispose autour d'un centre idéal en une courbe fermée et festonnée, dont les festons sont plus ou moins allongés. On donne à cette figure étoilée le nom de *rosette* ou *aster chromatique*, ou bien encore, en tenant compte seulement des deux sphères attractives dont les rayons sont issus du protoplasma, le nom de *amphiaster achromatique*.

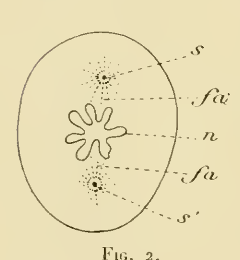


Fig. 2.

4° **Phase de la formation des anses** (fig. 3) (division trans-

versale du filament). — Le filament chromatique ne tarde pas à se segmenter par des traits et coupures qui portent sur le sommet convexe des festons de la rosette. Le filament se trouve alors divisé en un certain nombre d'*anses* ou de V, dont la pointe regarde le centre. Le nombre de ces anses est extrêmement variable, suivant l'espèce de plastide considérée, *mais ce nombre est toujours le même pour une espèce donnée.* Dans le cas d'êtres composés de plusieurs plastides, le nombre des anses chromatiques est constant dans tous les plastides de cet être. Il est donc probable que cette division transversale répond à un phénomène particulier dont nous ne soupçonnons pas le sens; tout ce qu'on peut dire, c'est qu'elle facilite la séparation des deux moitiés du noyau. Ces anses sont disposées sans ordre dans l'épaisseur du corps cellulaire.

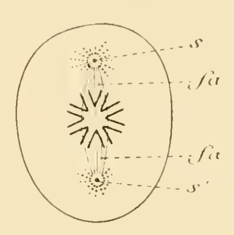


Fig. 3.

5° **Phase de la plaque équatoriale** (fig. 4). — Elles ne vont pas tarder à s'ordonner sur un même plan, perpendiculaire à l'axe du fuseau achromatique, et qui coïncide avec le plan de l'équateur de ce fuseau, complètement formé depuis la phase 4. Chaque anse s'attache par son sommet à l'un des filaments du fuseau. A cause de sa situation, l'ensemble de la figure formée prend le nom de *plaque équatoriale.*

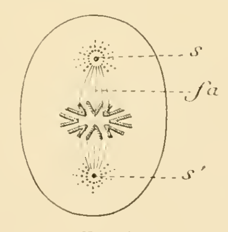


Fig. 4.

6° **Phase du dédoublement des anses** (fig. 5) (division longitudinale des anses). — Toutes les phases précédentes ne

sont en somme que des phases préparatoires à l'accomplissement de l'acte essentiel : la division des filaments chromatiques en deux parties égales en quantité et qualité. Tout se passe comme si la division transversale (phase 4) ne suffisait pas à établir l'égalité qualitative, comme si, la nature du filament n'étant pas exactement la même en tous les points de sa longueur, une série de coupures pratiquées d'un bout à l'autre risquaient de disjoindre des segments non équivalents. On sait d'ailleurs que le filament n'est autre chose qu'un chapelet de granulations ou *microsomes*, et nous sommes en droit de penser que tous les microsomes ne sont pas semblables entre eux. Un dédoublement longitudinal, qui revient à une division de chaque microsome en deux parties égales, assure donc une répartition plus égale de la substance nucléaire entre les deux plastides-filles.

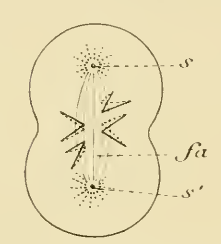


Fig. 5. — Quatre anses seulement ont été représentées, pour plus de clarté.

Le dédoublement longitudinal s'effectue anse par anse et suivant un plan parallèle au plan équatorial, de telle sorte que le résultat du dédoublement donne *deux plans équatoriaux superposés*.

Chaque anse se dédouble depuis son sommet jusqu'aux deux extrémités de ses branches et, quand le phénomène est terminé, l'observateur a sous les yeux une série de W en nombre égal au nombre de V ou anses primitifs; chaque W représente deux *anses-filles* produites aux dépens d'une seule *anse-mère*.

7° ***Phase de la séparation des anses-filles.*** — Toutes les

anses-filles d'un même plan ou groupe équatorial tournent leur sommet dans le même sens, vers l'un des pôles du plastide : les anses d'un groupe regardent un pôle, les anses de l'autre groupe regardent le pôle opposé. Attirés par la sphère attractive de leur pôle respectif, les deux groupes se séparent.

8° **Phase du diaster chromatique** (fig. 6 et 7). — Ils s'éloignent progressivement l'un de l'autre, et ne tardent pas à

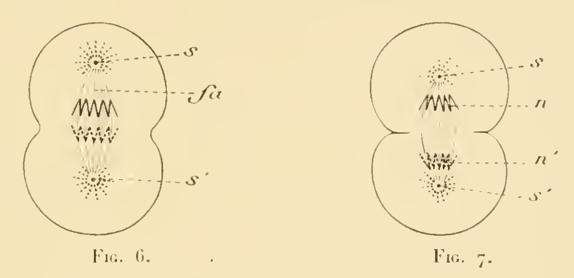


Fig. 6. Fig. 7.

s'orienter, le sommet en dedans, autour de chaque sphère : c'est un *diaster chromatique*.

9° **Phase d'achèvement.** — Désormais, les dispositions affectées par le filament chromatique vont reproduire en sens inverse chacune des quatre premières phases. Après l'aster viendra la rosette, puis le spirème ; enfin, avec le peloton, les noyaux-filles seront définitivement constitués. La série des phénomènes montre bien que chacun de ces noyaux est équivalent à la moitié du noyau-mère.

A partir de la phase 8 environ, dès que les anses-filles commencent à s'éloigner suivant deux groupes, le corps cellulaire présente à son tour des phénomènes d'étranglement, à la suite desquels le plastide primitif est bientôt remplacé par deux plastides-filles (fig. 5 et 7). Il est inu-

tile de revenir sur ce fait que la division du corps cellulaire peut être parfois très inégale, que l'un des noyaux-filles peut n'avoir, pour corps cellulaire, qu'une particule extrêmement réduite de protoplasma. Au bout de peu de temps, le plastide retrouve un volume suffisant, et, grâce à la teneur de son noyau, il est la reproduction du plastide originel. Il pourra subir ultérieurement des modifications.

Division directe. — Il est nécessaire de dire que la division cellulaire ne suit pas toujours cette série de phases. Parfois, elle se produit d'une façon beaucoup moins compliquée, par simple étranglement simultané du corps cellulaire et du noyau. Cette *division directe* a longtemps été niée ; on la considérait tout au moins comme un phénomène de dégénérescence, comme étant l'apanage des cellules frappées de mort. Nous savons aujourd'hui que la division directe peut être le mode de reproduction d'éléments en pleine activité. Suivant MM. Balbiani et Henneguy (1), la division directe entrerait en jeu dans des conditions très spéciales; elle coïnciderait avec une multiplication rapide, comme dans le cas de réparation des plaies tout au début de la cicatrisation.

La karyokinèse se fait avec une grande lenteur (2 ou 3 heures); la division directe est au contraire très rapide. Il y a lieu de penser, sans invoquer une cause finale, que, dans le cas de blessure, le traumatisme provoque dans les plastides atteints une activité moléculaire anormale qui hâte les phénomènes. Quand l'effet du traumatisme cesse de se faire sentir, quand les plastides ont repris

(1) Balbiani et Henneguy. *C. R. Acad. sc.*, 1897.

leur équilibre ordinaire, la division directe cesse de se produire, la karyokinèse reprend.

Il faut ajouter que le tissu résultant de la multiplication directe n'est pas un tissu de bonne nature ; il périt rapidement, pour être remplacé par un tissu né de karyokinèses. Cela indique une constitution chimique défectueuse des cellules, qu'un choc entraîne à proliférer hâtivement avant qu'il ait pu se produire une égale répartition des différents plasmas.

4. ASSOCIATION DE CELLULES — DIVISION DU TRAVAIL

Lorsque la karyokinèse est terminée, deux cas peuvent se produire : ou bien les deux plastides se séparent pour vivre d'une vie indépendante, ou bien ils restent accolés et partagent les périls de l'existence. Chacun d'eux se divise bientôt, les bipartitions se succèdent, et ainsi se forme un groupement de plastides unis les uns aux autres. C'est une colonie.

La vie en commun a deux résultats immédiats : les éléments agglomérés perdent une partie de leur autonomie ; ils perdent en particulier la faculté de se déplacer à leur gré, ils subissent des mouvements d'ensemble. De ce fait, leur individualité ne reste pas entière. En outre, la situation de chaque plastide vis-à-vis du milieu ambiant se modifie dans une certaine mesure. Dans le cas le plus simple, celui d'une colonie linéaire (algues, champignons), les échanges du protoplasma avec le milieu, qui s'effectuent par la surface entière d'un plastide

libre, ne s'effectuent plus que par une portion plus ou moins limitée de la surface des plastides accolés. Mais la disposition linéaire est relativement rare; elle expose en effet la colonie à des périls nombreux, surtout lorsqu'elle atteint une certaine longueur: le moindre choc disjoindra les éléments réunis. L'accroissement de la colonie, limité de ce chef, l'est encore par la limitation de l'espace qu'elle peut occuper. Aussi les colonies animales les plus simples (Catallactes) affectent-elles la forme sphérique : les plastides se disposent en une seule assise, ou *feuillet*, qui limite une sphère creuse; l'ensemble, ou *Blastula*, est comparable à une balle de caoutchouc, dont la membrane de caoutchouc représente l'assise ou *feuillet* cellulaire (F). C'est aussi cette forme que prend l'embryon des animaux plus élevés en organisation, dès que la prolifération du plastide initial, ou œuf, a donné naissance à un certain nombre de plastides-filles.

Dans ces conditions (fig. 8), définitives pour les uns (Catallactes), transitoires pour les autres (Embryons des métazoaires), chaque plastide appartient par l'une et l'autre de ses faces libres à deux milieux différents: leur face externe est en rapport avec le milieu extérieur ambiant, leur face interne au contraire est en rapport avec le milieu interne (MI), clos de toutes parts par la colonie elle-même. Bien qu'il se produise quelques échanges entre ces deux milieux, les conditions de vie deviennent bientôt différentes pour chaque moitié des cellules. En effet, le milieu interne se renouvelle mal, il s'y accumule bientôt une série de substances, produits accessoires de l'assimilation rejetés par les plastides. Or, nous verrons pourquoi,

dans de telles circonstances, la cellule subit des modifications parallèles à celles du milieu. Les atténuations des microbes, par exemple, n'ont pas d'autre origine qu'une modification des bouillons de culture par les produits microbiens eux-mêmes. Des phénomènes analogues se passent dans nos colonies closes ; seule, la nature des produits n'est pas la même.

Par conséquent, il s'établit nécessairement une différence entre les deux moitiés du plastide. C'est la première notion de la *différenciation* histologique, cause et non pas effet de la *division du travail*.

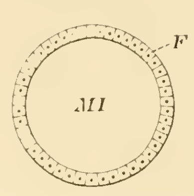


Fig. 8. — Colonie close : stade blastula des métazoaires.
F, feuillet constitué par l'accolement des plastides en une assise ; *MI*, milieu interne.

Diverses causes physiques empêchent la colonie sphérique de croître indéfiniment en surface. Lorsqu'elle a atteint un certain volume, elle se dissocie (Catallactes) ou se complique (Embryons des métazoaires). Dans ce dernier cas, une partie de la colonie s'enfonce dans la cavité de l'organisme et progressivement vient tapisser la face interne de l'autre. Il s'est produit une *invagination*, grâce à laquelle l'organisme, composé dès lors de deux *feuillets* (*Fe*, *Fi*), possède une cavité centrale (M′ I′) communiquant avec l'extérieur, et une fente plus ou moins large (MI) comprise entre les deux feuillets, qui est le reste de la cavité primitive (fig. 9). Cette forme larvaire porte le nom de *Gastrula*. Elle est, à peu de chose près, réalisée par l'état adulte des *Polypes*.

Les cellules du feuillet interne de la Gastrula, baignant par leurs deux faces dans des milieux limités qui se renou-

velleut mal, dans lesquels s'accumulent des substances diverses, mais où pénètrent cependant des matériaux nutritifs, changent peu à peu de caractère. Ces cellules internes deviennent plus aptes aux fonctions de nutrition que les plastides externes. A ce moment s'établit un lien nécessaire entre les groupes de la colonie : les uns, superficiels, reçoivent les chocs, subissent les influences extérieures, font mouvoir la colonie; les autres élaborent les matériaux de la nutrition et les distribuent aux premiers. Ainsi, chaque plastide perd son indépendance complète. Désormais il ne peut plus vivre isolé, il devient l'un des rouages d'un organisme, il ne garde plus de son autonomie primitive que l'essentiel de ses réactions chimiques; de ses propriétés, une seule grandit, devient prépondérante, sert au plastide lui-même autant qu'à la colonie; les autres sont réduites à leur minimum. La division du travail a fait de l'individu un élément histologique, élément d'une individualité complexe nouvelle.

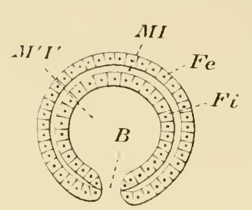


Fig. 9. — Colonie close à deux feuillets. Stade gastrula des métazoaires. *Fe*, feuillet externe; *Fi*, feuillet interne; *MI*, milieu interne compris entre les deux feuillets; *MI'*, milieu interne limité par le feuillet interne; *B*, blastopore.

Au fur et à mesure que les membres de la colonie augmentent en nombre, la division du travail devient de plus en plus profonde. Les deux lames épithéliales primitives se multipliant, il se forme des plis et des replis (1); parallèlement, les grandes fonctions générales d'abord, puis

(1) Voir les traités d'Embryologie.

les fonctions élémentaires, se localisent sur des plastides spéciaux. Les plastides différenciés dans le même sens se réunissent, formant un groupe unique ou *tissu* (1). Un *tissu* ne peut accomplir sa fonction que grâce au concours des autres ; il a perdu toute initiative en dehors de sa spécialité, et s'il se reproduit, sa descendance sera différenciée dans le même sens que lui.

Que devient dès lors l'avenir de cette colonie complexe ? Si chacun de ses tissus ne peut reproduire qu'un tissu semblable, la reproduction de l'espèce sera-t-elle faite de pièces et de morceaux ? Y aura-t-il bourgeonnement de chacun des tissus ? L'individu nouveau résultera-t-il de la coalescence de ces bourgeons divers ? En d'autres termes, verrons-nous les tissus nerveux, digestifs, respiratoires, etc., donner séparément naissance à un tissu-fille de même nature et s'organiser ensemble pour former le descendant ? Pour dire vrai, les choses se passent parfois ainsi : chez les organismes inférieurs, tels les polypes, la multiplication par bourgeonnement semble n'être autre chose que la reproduction convergente des feuillets externe et interne. Cependant, il existe toujours, ou presque toujours, dans un organisme, un groupement de cellules chargées de multiplier l'espèce. Les plastides qui composent ce groupement ne sont pas différenciés, en fait ils ne constituent pas un tissu au sens exact du mot. En effet, la prolification d'un seul de ces éléments suffit pour donner naissance, par bipartitions successives, à l'ensemble des plastides différenciés ; il est donc néces-

(1) Qui pourra plus tard se fragmenter.

saire que l'élément initial contienne en puissance chacune des différenciations. Bien plus, grâce aux relations que ce groupement spécial affecte avec les tissus, il éprouve le contre-coup des modifications que peut subir chacun d'eux, il enregistre les caractères nouvellement acquis. Cela faisant, il devient la synthèse des hérédités particulières à chaque tissu; lorsque les divers plastides issus de lui subiront à leur tour la différenciation, les uns et les autres, pour ce qui les concerne, prendront la part de ces hérédités qui leur revient en propre.

Le plus souvent, on le sait, la reproduction ne peut avoir lieu qu'après fécondation. Ce phénomène consiste objectivement en la conjonction des noyaux de deux plastides, l'un mâle, l'autre femelle : spermatozoïde et ovule. Quelle est l'origine de cette sexualité? La question est à la vérité confuse, et sans doute vaut-il mieux, pour l'instant, s'en tenir à la constatation des faits, à leur étude méthodique, en attendant le jour où leur accumulation permettra d'établir une théorie solide sur ses bases.

5. NATURE DE LA DIFFÉRENCIATION

Tels sont les phénomènes *extérieurs* de la vie coloniale qui ont pour conséquence la formation, de feuillets, puis de tissus différenciés. Il serait facile de montrer que la disposition même des plastides composants, les uns par rapport aux autres, a pour origine des causes purement mécaniques; l'étude de ces causes est du domaine de l'Embryologie générale, nous ne saurions y insister ici.

Mais il nous appartient de rechercher comment la constitution morphologique d'une colonie a pour conséquence immédiate la division du travail. Nous devons nous demander quelle est l'essence même de la différenciation; nous devons rechercher si elle se traduit par les caractères objectifs propres à chaque tissu ou communs à plusieurs d'entre eux.

Causes de la différenciation. — Si nous examinons de près et si nous comparons les divers organismes multicellulaires, nous nous convaincrons aisément que, si la vie en commun d'un nombre quelconque de plastides est la condition nécessaire pour qu'il s'établisse des différenciations, cette condition n'est pas suffisante. Il faut, non seulement qu'il y ait agrégat de plastides, mais encore que les divers membres de cet agrégat appartiennent à des milieux différents. Cette condition est réalisée par un *organisme clos* (1).

Considérons en effet le cas d'une colonie de cellules disposées en file, — certaines algues inférieures par exemple — : l'individualité de chacune des cellules composantes est presque intégrale, elle ne trouve de limite que dans la dépendance des déplacements; mais si, pour une cause donnée, la colonie se disloque, chaque élément reprend sa liberté, est capable de vivre seul et de reconstituer la colonie. Même en l'état colonial, une cellule quelconque est capable de reproduction totale; il n'y a aucune différenciation. C'est que, dans de telles agglomérations,

(1) Mais la condition peut être réalisée par d'autres formes; les colonies de polypes, les Siphonophores par exemple, en sont une preuve très remarquable.

les conditions du milieu sont sensiblement les mêmes pour tous les plastides; tous baignent dans la même masse d'eau, qui se renouvelle constamment autour d'eux; tous subissent simultanément, à quelques instants près, les modifications apportées à ce milieu.

Considérons au contraire un organisme clos. Les différenciations s'établissent, et même s'établissent rapidement; une cellule quelconque de cet organisme devient bientôt incapable de vivre isolément, de reproduire autre chose qu'une cellule différenciée comme elle. Ici, comme nous l'avons vu, les conditions du milieu varient dans de larges limites pour les divers groupes de cellules.

On a voulu invoquer les causes finales; le dogme téléologique a longtemps régné sans conteste en biologie. Vraiment, un tel dogme simplifie trop les choses; l'admettre revient à supprimer toute hypothèse féconde, c'est-à-dire toute science. D'ailleurs, il n'apparaît pas clairement pourquoi les nécessités imposées par le but à atteindre sont différentes pour les organismes linéaires et pour les organismes clos.

D'autres ont pensé que la différenciation était un phénomène d'ordre fonctionnel, ce qui peut se traduire ainsi: telle cellule devient un muscle en se contractant, telle autre un nerf en sentant, ou bien sa voisine donne de l'os en faisant office d'élément de soutien. Cette conception, si elle était vraie, entraînerait à reconnaître aux plastides un certain degré de volonté consciente unie à une réflexion déjà mûrie — ce qui ne saurait se soutenir. En outre, elle n'expliquerait pas davantage pourquoi les organismes linéaires sont si peu différenciés. Il faudrait admettre la

nécessité de fonctionner, ce qui nous ramène à la cause finale.

Le phénomène de la différenciation s'explique beaucoup plus simplement, si on le considère comme étant le résultat de modifications d'ordre chimique. En procédant ainsi, on ne demande à l'hypothèse qu'un faible secours; on a pour base des faits précis, d'observation courante, fournis par les diverses branches de la Biologie et que l'on peut formuler par quelques énoncés généraux.

a) Un organisme mono ou polyplastidaire subit des changements notables, suivant l'état du milieu ambiant. Ces changements sont durables.

b) L'organisme et le milieu réagissent l'un sur l'autre; à des modifications de l'un correspondent des modifications de l'autre et *réciproquement*.

c) Dans un même milieu, des organismes primitivement *semblables* peuvent éprouver des variations différentes. La non-identité des variations s'explique par les légères divergences de constitution chimique de ces organismes semblables.

Modifications chimiques du protoplasma. — Les diverses cellules composant une colonie close réalisent une série de conditions répondant à ces diverses propositions. Les éléments de l'organisme clos le plus simple, — les Catallactes dans le groupe des êtres inférieurs, le stade blastula dans la série des phases embryonnaires, — sont en rapport avec deux milieux: l'un externe, illimité, ou que l'on peut considérer comme tel, constamment renouvelé, dont la constitution chimique est sensiblement constante; l'autre interne, limité par l'organisme même, formant une

membrane sphérique, milieu mal renouvelé, dont la constitution chimique sera plus ou moins variable par suite des échanges établis entre lui et les plastides qu'il baigne. En effet, les plastides puisent dans ce milieu interne une partie des matériaux nécessaires à leur nutrition, ils y rejettent une partie des résidus de leur assimilation. L'extraction de substances, le rejet de résidus modifieront sans cesse le milieu interne imparfaitement renouvelé.

A mesure que l'être évolue, les cavités internes se multiplient et s'isolent les unes des autres, créant autant de milieux différents, provoquant chez les cellules en état d'assimilation une série de différenciations.

Nous savons (v. p. 15) que les résultats des échanges chimiques entre les plastides et leurs milieux respectifs peuvent toujours se traduire par la formule générale

$$P + N = kP + R.$$

Il est aisé de voir que cette formule présente une variable de laquelle dépendent tous les autres termes. Si les substances nutritives N du milieu varient, la constitution du protoplasma P subira des variations parallèles; il en sera de même pour les résidus R de la réaction. En d'autres termes, les combinaisons effectuées dans la série des plastides ne donneront pas exactement, dans tous les cas, les mêmes composés, si les corps en présence ne sont pas partout les mêmes.

Peut-on concilier cette variation chimique incontestable avec ce fait qu'il se produit toujours du protoplasma? Brass avait supposé que la substance vivante est composée d'une

série de *plasmas* concentriques. Cette hypothèse n'a jamais été vérifiée dans ce qu'elle a d'objectif; il est cependant permis de penser que la substance vivante n'est pas un corps homogène répondant à une formule unique, mais qu'elle est le mélange d'une série de corps voisins. Ainsi compris, les plasmas ou *substances plastiques* doivent être admis. Nous dirons alors que, suivant la nature de N, les réactions intra-cellulaires provoquent l'accroissement de tel ou tel plasma, tandis que la quantité des autres diminue ou reste stationnaire (1). Si nous supposons 3 plasmas, P_1, P_2, P_3, nous aurons par exemple une équation de la forme suivante :

$$aP_1 + bP_2 + cP_3 + N = [(a-n)P_1 + (b-n')P_2 + (c+n'')P_3] + R$$

dans laquelle a, b, c, n, n', n'' étant des coefficients indéterminés, P_1, P_2 ont diminué, tandis que P_3 s'est accru.

Dans ces conditions, il est évident que les divers plastides d'une même colonie, baignant dans des milieux internes différents, ne tarderont pas à présenter entre eux de notables variations. Au reste, il est possible de se rendre compte objectivement que les choses se passent bien ainsi. Il suffit de faire réagir sur une colonie ayant atteint déjà un certain degré de complexité des substances tinctoriales, des *réactifs histochimiques* ; par ce moyen, on constate que les cellules prennent des teintes variables suivant leur différenciation. Il est nécessaire d'essayer plusieurs colorants, et, après plusieurs essais, on est conduit à

(1) Il est d'ailleurs probable que le noyau subit des modifications du même ordre.

conclure que chaque groupe différencié possède vis-à-vis de l'une ou l'autre teinture une réaction caractéristique. Est-il besoin de dire que, si la constitution chimique était la même dans tous les cas, on n'observerait pas un tel phénomène ?

Nous avons donc le droit de considérer la substance vivante comme étant le mélange d'un certain nombre de plasmas ou *substances plastiques*. Nous pouvons dire aussi que la différenciation est une *adaptation chimique*. Si maintenant nous observons qu'à chaque adaptation correspond une différenciation fonctionnelle, nous pourrons penser que les propriétés vitales ont pour substratum tel ou tel groupe de plasmas, sinon un plasma déterminé. Et cela nous permet de comprendre pourquoi un plastide différencié est toujours une individualité physiologique. En effet, chacun des plasmas qui le constituaient avant toute différenciation persiste, et par conséquent persistent avec lui toutes les propriétés dont l'ensemble détermine *la vie*; seule, la proportion de ces plasmas a varié, un groupe d'entre eux s'est considérablement accru aux dépens des autres, en même temps la fonction adéquate à ce plasma prend le dessus sur les autres ; celles-ci sont réduites au minimum.

Gardons-nous cependant d'être absolus et de dire : à tel état fonctionnel correspond tel état chimique. En réalité, un état fonctionnel coïncide avec plusieurs états chimiques. Pour s'en rendre compte, il suffit de remarquer qu'il existe plusieurs sortes d'éléments moteurs, tous caractérisés fonctionnellement par la motricité, mais différents les uns des autres par la forme histologique. Il suffit surtout de se dire que la différence fondamentale entre les orga-

nismes, que ce qui sépare, par exemple, l'œuf d'une chienne de celui d'une femme, est une différence chimique, et que, cependant, tous les organismes possèdent les mêmes propriétés vitales, s'exerçant extérieurement de façon très analogue.

On pourrait penser que les milieux intérieurs, étant limités, doivent se modifier constamment et que, par suite, les cellules qui baignent dans ces milieux doivent, elles aussi, subir des adaptations constantes, passer sans cesse d'un état à un autre. En fait, les milieux intérieurs ne sont jamais absolument limités; ils se renouvellent par divers procédés, et la nature des substances qu'ils renferment ne varie pas dans des proportions sensibles. De la sorte, le protoplasma, une fois différencié par un milieu, trouve dans ce milieu même les matériaux indispensables à son accroissement, et par suite à sa reproduction. S'il s'introduit dans ce milieu des substances nouvelles, le protoplasma réagit suivant ses affinités, laisse les unes, prend les autres ; de telles combinaisons sont en général peu stables; elles sont la base de la thérapeutique (1).

Au bout d'un certain temps, l'adaptation devient exclusive, un plastide changé de milieu cesse de réagir et meurt. Mais un tel phénomène ne se produit pas d'emblée. Ainsi, à l'exemple de Driesch, on peut supprimer à une gastrula d'oursin un feuillet ou l'autre et obtenir cependant un

---

(1) Dr J. Deschamps. *Loc. cit.*, chap. vi. Un médicament introduit dans le milieu intérieur (lymphe) est *choisi* par certains tissus sur lesquels il *agit*, laissé par d'autres : c'est une question d'affinités chimiques.

embryon complet. Cela signifie simplement que, placées dans un milieu différent, les cellules des feuillets interne ou externe ont pu subir une adaptation nouvelle, les plasmas nécessaires à cette adaptation ayant pu s'accroître et prendre le dessus. Mais, lorsque l'organisme a atteint une complexité donnée, de tels phénomènes ne se produisent plus ; les plasmas accessoires, réduits au minimum, n'ont pas le temps de s'accroître assez rapidement pour empêcher la mort de l'individu-cellule et donner lieu à un changement de différenciation.

Caractères objectifs de la différenciation. — La division du travail, phénomène d'ordre chimique, se traduit par les caractères morphologiques des plastides différenciés. Ce sont des modifications de forme ou de détails structuraux.

Ces détails sont révélés, d'une part, par les réactifs histochimiques : il suffit de soumettre les cellules à l'action de colorants déterminés, pour constater des différences de teintes entre leurs protoplasmas. Cependant, des protoplasmas non identiques se colorent de façon assez semblable pour que notre œil ne puisse faire avec certitude aucune distinction, de sorte que, dans l'état actuel de nos moyens d'investigation, nous sommes parfois impuissants à distinguer un état moléculaire d'un autre.

D'autre part, il est rare que le protoplasma soit à l'état de pureté ; dans la majorité des cas, il renferme des substances étrangères dont la présence est liée à l'état fonctionnel de l'élément. On désigne ces substances sous le nom de *productions protoplasmiques*. En réalité, ce sont les produits résiduels de l'assimilation ; ils sont formés au

cours des réactions qui ont donné comme composé principal le protoplasma lui-même; leur production est donc liée à la sienne, *mais elle n'est pas due à l'activité propre de ce protoplasma*. Suivant les cellules considérées, ou bien ces résidus sont rejetés hors de l'élément et disparaissent, jouant ou non un rôle dans l'organisme complexe (une petite partie persiste et sert de ciment entre les cellules réunies en un tissu); ou ils s'accumulent autour de l'élément (tissus conjonctifs, osseux, cartilagineux), ou bien encore dans le sein du plastide lui-même, affectant des dispositions, fixes suivant l'élément, adéquates à la fonction.

La nature des résidus (1) varie d'après la nature même du protoplasma, c'est-à-dire d'après la forme de la réaction dont ils dérivent; ils auront donc, suivant les tissus, des propriétés histologiques ou structurales précises; de plus, ils occupent par rapport à l'élément lui-même une disposition et une répartition spéciales, que le microscope nous permettra de reconnaître.

---

(1) Les composés accessoires de l'assimilation sont gazeux, liquides et solides. Les deux derniers seuls peuvent donner les enclaves dont il s'agit.

II

Étude générale des tissus.

Nous sommes ainsi en mesure de reconnaître les cellules différenciées, tant par leur forme extérieure, l'aspect de leur protoplasma, que par la disposition et l'apparence des résidus accumulés dans leur substance ou autour d'elle. Ces signes pris isolément seraient insuffisants ; leur ensemble forme un faisceau de signes qui permet d'établir des diagnostics précis. Le moment est donc venu d'examiner quelles sont, pour un organisme complexe — l'homme par exemple — les cellules composant tel ou tel tissu, les rapports réciproques que ces cellules affectent dans ce tissu.

Nous avons vu qu'il doit y avoir, en principe, autant de tissus spéciaux qu'il existe de fonctions vitales. Cela est vrai ; mais chacune de ces fonctions vitales n'est pas une fonction simple. Si nous considérons, par exemple, la série d'actes qui se succèdent depuis la pénétration d'une particule alimentaire dans le corps d'une cellule libre jusqu'au rejet des résidus de la digestion, il nous sera facile de comprendre que, sous le nom de nutrition, on embrasse un vaste ensemble de fonctions élémentaires; chacune d'elles, dans l'organisme complexe pluricellulaire,

aura son tissu. Ainsi, dans le cas de la nutrition, nous aurons un tissu d'une forme déterminée, qui subira un certain nombre de variations adéquates à chacune des fonctions élémentaires.

De même, le mouvement sera provoqué par des éléments spécialisés. Selon la nature de ce mouvement, rapide, lent ou rythmique, la différenciation motrice donnera à ces éléments un aspect variable.

A son tour, l'irritabilité diffuse des êtres inférieurs se dissociera en composantes, et cette dissociation, poussée dans ses dernières limites, aura pour résultat de transformer l'irritabilité en une exquise sensibilité. Le substratum des diverses composantes constituera le tissu nerveux, caractérisé par des cellules toujours reconnaissables à leur aspect général, mais différentes entre elles cependant, leur forme traduisant leur activité spéciale.

Il n'est pas jusqu'à la reproduction elle-même dont le tissu ne subisse des variations secondaires. Dès l'apparition de la vie sur le globe, la *sexualité* s'est rapidement établie ; car, s'il n'est pas possible de distinguer des protozoaires mâles et des protozoaires femelles, on n'en observe pas moins, chez quelques-uns de ces êtres primordiaux, des actes de conjugaison et d'échanges nucléaires, qui ont abouti, au cours de l'évolution, à la différenciation nette et précise des sexes.

A côté de ces tissus généraux, qui sont la représentation exacte des grandes fonctions vitales, il en est d'autres encore dont la production est une conséquence de la vie coloniale. Nous avons nommé les tissus de protection, les tissus de soutien et le tissu circulatoire.

Ce dernier distribue aux divers plastides la nourriture toute prête que ceux-ci, par suite de leur adaptation chimique, deviennent incapables de préparer eux-mêmes. Le tissu circulatoire se charge en outre des résidus des combinaisons organiques et rejette ces résidus au dehors. C'est un *milieu intérieur* ; il est la condition d'existence nécessaire à toute colonie.

Grâce à lui, la vie en commun devient possible. En effet, dès que se constitue un organisme polyplastidaire sous la forme la plus simple d'une vésicule close, cette vésicule est pleine de liquide, primitivement de l'eau de mer, qui se renouvelle dans certaines limites, mais toujours incomplètement. Dès ce moment, le *milieu intérieur* existe, il sert aux échanges et reçoit quelques-uns des déchets de la nutrition ; il est le premier lien qui réunisse physiologiquement les individus de la colonie.

Au fur et à mesure que la vésicule close se transforme, que les plastides se multiplient, que la colonie gagne en complexité, le rôle de ce milieu intérieur devient de plus en plus important. Tandis que le système nerveux, pour sa part, donne à la colonie un synchronisme fonctionnel, le milieu intérieur permet aux éléments de vivre, quelle que soit leur place dans la colonie. Superficiels ou profonds, ces éléments seront baignés par le liquide interne dans lequel ils puiseront les matériaux de la nutrition venus du dehors, dans lequel ils rejetteront leurs déchets. Ce milieu tient ainsi les plastides dans la plus grande dépendance au point de vue de leur existence même : que, pour une cause ou une autre, il disparaisse virtuellement, c'est-à-dire qu'il perde ses relations avec l'extérieur, qu'il

cesse de se renouveler, que les excreta le surchargent, tandis qu'il est privé de matériaux nutritifs, et les plastides seront voués à une mort certaine.

Peu à peu, avec les progrès du développement, ce milieu se complique : il s'endigue dans des canaux, des cellules spéciales y vivent librement (globules), prenant une part active à sa fonction distributive ; il est mis en *circulation* permanente. Sous quelle influence se produisent ces modifications ? Nous ne pouvons le rechercher ici.

Nous avons simplement à étudier les formes générales des tissus et les différenciations spéciales de chacune de ces formes. Dans cette étude, nous suivrons un ordre qui ne correspond à aucune classification logique ; il nous paraît le meilleur pour l'enchaînement des notions à acquérir.

Nous ne pourrons peut-être pas expliquer dans tous les cas la cause déterminante de différenciation chimique. Nos connaissances sur ce point sont encore bien imparfaites, et nous serons souvent obligés de nous en tenir à une simple constatation.

I. TISSUS DE SOUTIEN

C'est ainsi en particulier que nous devrons procéder pour les divers *tissus de soutien* ou *tissus conjonctifs*. Évidemment les cellules originelles de ces tissus sont placées dans des conditions très spéciales : par leur situation, elles sont aussi bien étrangères à la sensibilité générale qu'aux actes nutritifs, puisqu'elles se trouvent placées entre les deux feuillets dévolus à ces fonctions. Ce fait

négatif permet de penser que l'adaptation ne pouvait se produire dans l'un ni l'autre sens. Cependant, les tissus conjonctifs sont multiples, tous dérivent d'un tissu embryonnaire, le *mésoderme*, qui donne naissance en outre aux muscles, à certains tissus d'excrétion, aux organes génitaux. Sous quelle influence se produisent ces différenciations diverses ? Nous sommes conduits à répéter que les conditions du milieu intérieur sont diverses ; il renferme en particulier les excreta de l'organisme, et de ce chef les plasmas ayant de l'affinité pour ces excreta se sont mécaniquement hyperplasiés. Mais nous ne saurions préciser exactement les causes par lesquelles ont été provoquées ces adaptations.

Tissu conjonctif. — Le premier en date des tissus de soutien nettement différenciés est le tissu conjonctif proprement dit. On y reconnaît des cellules, mais aussi des formations fibrillaires diverses, indépendantes des cellules, qui donnent au tissu un aspect tout particulier (Pl. I).

On distingue les *fibrilles réunies en faisceaux* et les *fibres élastiques*.

Les *fibrilles* constituent l'élément désigné sous le nom de *faisceaux de fibrilles*. Ce sont des cordons cylindriques, légèrement ondulés, presque rectilignes, inextensibles et résistants, entrecroisés en tous sens, ne se divisant jamais. Les faisceaux ont en moyenne 100 μ d'épaisseur ; leur aspect strié révèle la constitution fibrillaire. Ils ont pour caractère chimique de se transformer en gélatine par la coction et de donner avec le tanin un composé imputrescible, le cuir (tannage).

Les *fibres élastiques* sont d'ordinaire beaucoup plus fines

(1 à 10 μ); leur aspect est homogène et brillant. D'ordinaire flexueuses, elles se bifurquent et s'anastomosent d'une fibre à l'autre, formant ainsi un réseau. Les dimensions des mailles de ce réseau varient avec l'épaisseur des fibres (1).

Les *cellules* sont appliquées sur les faisceaux des fibrilles, elles sont plates et se moulent très exactement sur les faisceaux. Quand il arrive qu'elles sont enserrées entre plusieurs faisceaux, elles présentent des prolongements membraniformes, des *crêtes* d'empreinte, qui s'insinuent entre les faisceaux. Le noyau de ces cellules est volumineux, leur corps cellulaire très réduit.

Ces trois éléments caractérisent le tissu conjonctif.

Dans le tissu *lâche*, le plus répandu, ils sont répartis presque à égalité. Mais, tandis que les cellules, éléments essentiels, persistent toujours, les faisceaux de fibres ou les fibrilles peuvent respectivement diminuer ou augmenter en quantité. De là diverses variétés, telles que le *tissu fibreux* (tendons, aponévroses), dans lequel les faisceaux de fibres existent presque exclusivement, le *tissu élastique* (ligaments jaunes, membranes fenêtrées des artères), uniquement composé de fibres élastiques.

Quelle est l'origine de ces diverses fibres? Nous ne pouvons douter aujourd'hui qu'elles soient dues à l'activité des cellules; la discussion porte seulement sur le point de savoir si ce sont les cellules elles-mêmes qui se transforment au moins partiellement en fibres, ou bien si ce sont des productions indirectes de la cellule. En fait,

(1) Dans les *membranes fenêtrées*, les fibres sont très épaisses et les mailles très étroites, de sorte que leur ensemble prend l'aspect d'une membrane percée de trous (parois artérielles).

cette question, actuellement encore débattue, paraît être une question de mots. La transformation *totale* des cellules en fibres, avancée par Schwam, n'a jamais été observée. On a vu seulement les fibrilles se produire, d'une part dans les parties superficielles du corps cellulaire, d'autre part dans le sein d'une substance dite *muqueuse* qui baigne et englobe ces éléments embryonnaires. Sans vouloir pénétrer dans le détail des interprétations, il est permis d'affirmer que ces deux processus sont de même ordre. Que les fibrilles ou fibres naissent directement du protoplasma ou s'individualisent aux dépens de la substance muqueuse, il n'y a là qu'une différence de degré. En effet, la substance muqueuse est un résidu des réactions protoplasmiques, c'est une substance intra-cellulaire très abondante, due à l'accumulation des excreta ou de certains excreta des cellules. Peu à peu, sous l'influence d'altérations chimiques, cette substance s'individualise en fibres, tandis que cette formation apparaîtrait directement, sans l'intermédiaire de matière muqueuse, à la périphérie du corps cellulaire. Au reste, il est possible que cette prétendue substance muqueuse ne soit autre chose que la fusion des corps cellulaires eux-mêmes, soudés en grand nombre les uns aux autres de façon intime. De la sorte, la formation des fibrilles serait toujours une transformation intra-protoplasmique directe, les excreta se déposant dès l'abord sous cette forme, sans passer par l'état muqueux (1).

---

(1) Retterer. Développement des bourses muqueuses et des cavités péritendineuses. *Journal de l'anatomie et de la physiologie*, 1896.

P.-A. Zachariadès. Du développement de la fibrille conjonctive. *C. R. Acad. Sc.*, 7 février 1898.

La genèse du tissu élastique (1), postérieure à celle des faisceaux des fibrilles, conduit à des conclusions assez analogues.

Tissu cartilagineux. — Quoi qu'il en soit, ces formations conjonctives nous montrent toute l'importance des produits accessoires des réactions intracellulaires. D'emblée nous voyons à quelle complexité morphologique ils peuvent atteindre, puisqu'ils se présentent sous forme *figurée*. Dans le *tissu cartilagineux*, issu des mêmes éléments embryonnaires que le tissu conjonctif, ces produits affectent un autre aspect et possèdent d'autres propriétés physiques ; ils deviennent solides et presque rigides.

Le tissu cartilagineux apparaît après le tissu conjonctif et se substitue à lui dans certains points du corps, tant dans l'évolution individuelle (ontogénie) que dans l'évolution ancestrale (phylogénie). Ce fait est très important, car il nous permet de concevoir la possibilité de l'apparition de causes efficientes nouvelles au cours du développement phylogénique, provoquant une adaptation différente aux dépens d'éléments de même origine. Car, il est indispensable de savoir que, dans les parties du corps où apparaît le tissu cartilagineux aux dépens du tissu conjonctif, il ya *substitution* et non pas *transformation*. Ce phénomène devenu héréditaire se reproduit très naturellement au cours du développement ontogénique, sous l'influence de causes héréditairement semblables.

Le tissu cartilagineux (Pl. II) se présente sous forme de

(1) Gustave LOISEL. Formation et évolution des éléments du tissu élastique. *Journal de l'anatomie et de la physiologie*, 1896.

masses transparentes, bleuâtres, élastiques, faciles à couper au couteau. Le microscope révèle des cellules noyées dans une substance amorphe, la *cartilagéine*. Les cellules, distantes les unes des autres, sont éparses sans ordre, logées dans des cavités de la cartilagéine. D'ordinaire on décrit autour d'elles une membrane d'enveloppe ou *capsule* ; elle se distingue le plus souvent très mal de la masse de cartilagéine à laquelle elle est accolée. Il est fréquent de rencontrer dans une même cavité deux ou quatre cellules, possédant chacune leur membrane d'enveloppe. Cette disposition provient de ce fait qu'une cellule, qui occupait seule primitivement la capsule, s'est divisée : chacune des cellules-filles a été enveloppée d'une capsule, de sorte que l'on a une *capsule-mère* englobant deux *capsules-filles*. Si le phénomène se reproduit pour chacune des deux nouvelles cellules, il existera, dans une *capsule grand'mère*, deux capsules-mères et quatre capsules-filles enveloppant quatre cellules. A l'état frais, chaque cellule remplit exactement sa cavité, mais elles se rétractent très facilement sous l'influence de causes multiples, en particulier des fixateurs.

La cartilagéine ne présente aucune structure ; ses propriétés chimiques sont différentes de celles des fibrilles conjonctives, en ce sens que la cartilagéine donne, par coction, de la chondrine et non de la gélatine. Mais, de l'une à l'autre, la distance n'est pas grande, et ces deux substances sont de la même famille ; en effet, certains tissus conjonctifs, tel que celui de la cornée transparente, donnent par coction de la chondrine. On voit par là que l'affinité chimique de la cellule conjonctive n'est pas essentielle-

ment différente de celle de la cellule cartilagineuse, puisque leurs excreta diffèrent à peine. Malgré cette faible différence, l'aspect et les propriétés physiques permettent de les distinguer aisément.

La cartilagéine est, au même titre que les fibres diverses du tissu conjonctif, le résidu des réactions chimiques, ce que l'on est convenu d'appeler un *produit d'excrétion* des cellules ; celles-ci s'en entourent progressivement : au début, elle forme une capsule mince qui s'épaissit par adjonction de couches nouvelles à sa face interne. Au fur et à mesure que la cartilagéine augmente, les cellules, primitivement très rapprochées les unes des autres, s'éloignent de plus en plus; il est difficile, même impossible, de discerner les limites des couches successivement déposées. En réalité, elles se confondent, et la capsule que l'on décrit autour de la cellule n'est que la dernière couche de la cartilagéine produite; c'est ce qui explique qu'elle se distingue mal de la masse elle-même.

Le caractère histologique le plus remarquable du tissu cartilagineux est qu'il ne possède pas de vaisseaux sanguins. La nutrition s'opère par imbibition de la cartilagéine, substance très perméable.

Tissu osseux. — Il est encore un autre tissu pour la constitution duquel les résidus de l'assimilation acquièrent une haute importance fonctionnelle, c'est le *tissu osseux*. Il apparaît le troisième dans l'ordre phylogénique et ontogénique. Il se substitue au cartilage, tout comme le cartilage s'était substitué au tissu conjonctif; dans certains cas précis, l'os se substitue *directement* au tissu conjonctif lui-même.

L'os est un tissu très dur et très résistant, propriétés

qu'il doit à sa substance fondamentale, l'*osséine*, imprégnée de sels divers (phosphates et carbonates). Les cellules osseuses, ou *ostéoblastes*, au lieu d'être éparses sans ordre comme celles du cartilage, sont disposées en cercles concentriques autour d'un centre occupé par des vaisseaux sanguins. Plusieurs cercles de même rayon, se superposant suivant des plans parallèles, déterminent un cylindre, de sorte que l'ensemble des cellules osseuses dessine des séries de cylindres emboîtés les uns dans les autres. Les cellules s'orientent ainsi, bien avant qu'aient apparu les éléments de l'osséine. Lorsque celle-ci, résultat du travail chimique intracellulaire, est rejetée hors des ostéoblastes, elle s'accumule entre eux, les sépare, les éloigne les uns des autres, tout en les emprisonnant et en affectant comme eux la disposition cylindrique, chaque cylindre cellulaire déterminant un cylindre d'osséine. En définitive, l'os se trouve constitué par des groupes ou *systèmes* de manchons, ou *lamelles* cylindriques, emboîtés (fig. 10). Chaque *système* comprend cinq à dix *lamelles* ayant une épaisseur variant de 5 à 10 μ. Pour former un bloc osseux, il faut un grand nombre de ces systèmes. Cependant, certains os de petites dimensions (fémur de grenouille) sont formés par un seul système. Bien qu'éloignés les uns des autres, les ostéobla-

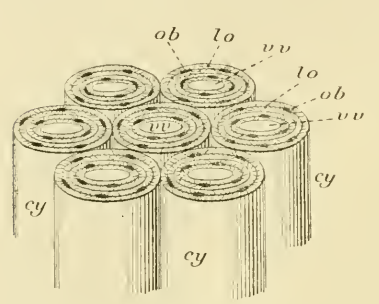


Fig. 10. — Constitution théorique de l'os : *cy*, cylindres osseux ; *lo*, lamelles osseuses contenant les ostéoblastes *ob* ; *vv*, cavité centrale renfermant les vaisseaux autour desquels se sont orientés les ostéoblastes.

tes inclus dans une même lamelle communiquent entre eux par l'intermédiaire d'un prolongement protoplasmique. Un ostéoblaste, en effet, se présente sous une forme très allongée, suivant le contour du cylindre et de faible épaisseur ; il est muni d'une série de fins prolongements protoplasmiques, pour lesquels sont ménagés dans la substance osseuse de fins canaux, les *canalicules primitifs*. Le prolongement d'un ostéoblaste vient s'anastomoser, d'une part avec ses voisins immédiats de la même lamelle, d'autre part avec les ostéoblastes des deux lamelles immédiatement contiguës. En général, ces relations se limitent à un même système ; ainsi, les ostéoblastes les plus externes ne s'anastomosent point avec ceux de la lamelle externe du système voisin. Quant aux prolongements internes de l'ostéoblaste de la lamelle interne, ils vont directement affleurer dans la cavité centrale, qui renferme un ou plusieurs vaisseaux. On voit par là qu'un système forme, au point de vue nutritif, une véritable chaîne fermée. Les premières cellules osseuses puisent directement dans le sang les matériaux de l'assimilation et les transmettent de proche en proche jusqu'aux cellules les plus éloignées du système.

Le tissu osseux présente quelques autres caractères qui seront l'objet de descriptions spéciales (voir les planches III à VI).

2. TISSUS ADIPEUX ET PIGMENTAIRE

Avec les tissus osseux nous avons terminé l'étude géné-

rale des tissus de soutien, tissus chez lesquels les produits d'excrétion constituent une masse considérable extérieure aux cellules et située entre elles. Nous retrouverons avec d'autres tissus ces *substances intercellulaires*, mais en bien moins grande abondance.

Nous devons maintenant faire connaître les cas inverses où ces substances d'excrétion s'accumulent dans la cellule même avec une telle abondance, qu'elles se substituent pour ainsi dire à l'élément lui-même. Pour le dire immédiatement, cette accumulation intraplastidaire d'exereta est due à de mauvaises conditions d'échanges, grâce auxquelles les réactions chimiques donnent peu de protoplasma et beaucoup de produits accessoires.

Tissu adipeux. — Le type de ces éléments est la cellule graisseuse ou adipeuse. Au point de départ, c'est d'ordinaire une cellule conjonctive, — mais toute cellule peut subir une transformation semblable. On y voit apparaître sous forme de fines granulations des gouttelettes de graisse qui parsèment le protoplasma; peu à peu, ces gouttelettes grandissent, puis confluent ; enfin, elles constituent une masse telle, qu'elle occupe la presque totalité de la cellule. Pendant ce temps, il se forme à la périphérie une membrane d'enveloppe, chose rare dans les cellules animales. Toutefois, le protoplasma n'a pas complètement disparu ; il en reste encore une mince couche accolée à la membrane et renfermant le noyau, devenu lui aussi tout à fait périphérique. De plus, quelques travées protoplasmiques traversent la boule graisseuse et semblent la cloisonner. Ces diverses notions trouveront une remarquable application dans l'étude des fibres nerveuses.

Les cellules adipeuses peuvent se développer partout où il y a des tissus conjonctifs ; à l'état normal, il s'en trouve en certains points déterminés. Lorsque leur formation s'exagère, loin d'indiquer un bon état de santé, elles marquent une nutrition défectueuse, d'autant plus que l'évolution graisseuse n'est pas spéciale aux cellules conjonctives et que tout élément de l'organisme peut la subir. Cela montre que l'embonpoint, surtout quand il dépasse certaines limites, manifeste un état morbide, ce qui n'est point paradoxal.

Tissu pigmentaire. — La surcharge *pigmentaire* doit se placer à côté de la surcharge graisseuse. Les *pigments* sont des produits chimiques, de constitution et de coloration extrêmement diverses. On n'a pu encore nettement établir la formule d'aucun d'entre eux ; au point de vue de la coloration, il est seulement possible de distinguer les pigments clairs des pigments foncés.

Les pigments, qui envahissent une cellule en des proportions très variables, se présentent sous forme de granules sphériques dont le volume peut différer, pour chaque granule, non seulement d'un plastide à l'autre, mais encore dans un même plastide. Ces granules sont doués de mouvements très vifs, qui persistent même après le passage à l'étuve chauffée à 120° ; ce sont des mouvements browniens, et aucun phénomène ne permet d'assimiler ces éléments pigmentaires à de la substance vivante, comme on serait tenté de le faire. Ce sont des produits des réactions chimiques intracellulaires, au même titre que les autres résidus que nous avons signalés.

La pigmentation est parfois une forme de la dégénéres-

cence cellulaire, tout comme la surcharge graisseuse. Cependant, il existe des plastides normalement pigmentés qui restent doués de la propriété de se reproduire. Il semble même que de tels plastides soient doués d'affinités chimiques plus vives et retirent de la présence du pigment une activité singulière pour assimiler. En effet, dans les cas de greffe de peau noire sur peau blanche, le lambeau noir augmente dans de grandes proportions, tandis qu'un lambeau blanc sur peau noire prend difficilement et, s'il prend, ne tarde pas à disparaître; envahi par les éléments pigmentés environnants (1).

En principe, il n'y a pas de cellule qui ne puisse se charger de pigment. A l'état normal, dans l'organisme humain, la rétine, surtout la peau et les poils, sont les tissus les plus remarquables à ce point de vue.

3. TISSU ÉPITHÉLIAL

Considérations générales. — Lorsque les groupements plastidaires se constituent, ils affectent, dès les premiers moments de la vie coloniale embryonnaire, la forme la plus simple qui puisse être : ils s'accolent côte à côte. Les éléments perdent leur forme sphérique, deviennent polyédriques par pression réciproque ; ils sont soudés entre eux par une couche mince de substance *intercellulaire* qui n'est autre chose qu'un résidu des réactions intraplas-

(1) Paul CARNOT. Recherches sur le mécanisme de la pigmentation. *Bulletin scientifique*, t. XXX, 1897.

tidaires accumulé entre les éléments. Ce résidu n'a ici qu'un faible développement. La disposition des cellules devient comparable à celle des pavés de nos rues : c'est un *épithélium* (1).

Cette forme de tissu persiste chez l'adulte. D'une façon générale, on peut dire qu'elle est le substratum de toutes les fonctions d'échange et de protection ; elle présente un certain nombre de variétés.

Considérées isolément, les cellules composant un épithélium sont polyédriques, se rapprochant du cube ou du prisme, suivant les dimensions de leur hauteur. Celle-ci peut être extrêmement réduite ; dans ce cas, les cellules sont très aplaties et peuvent être considérées comme de simples lames.

Considérées dans leurs rapports réciproques, les cellules se disposent sur une seule assise (*épithélium simple*) ou sur plusieurs (*épithélium stratifié*). Dans l'un et l'autre cas, les éléments sont cubiques ou prismatiques. Lorsqu'ils sont très aplatis, réduits à une lame protoplasmique mince et disposés en une seule assise, ils constituent un *endothélium*, c'est-à-dire un *épithélium interne*. Ce genre de tissu revêt en effet la face interne des cavités closes dites *séreuses* (plèvre, péritoine, etc.) (2).

---

(1) Le mot *épithélium* signifie exactement : *sur le mamelon* (ἐπὶ, θηλή). Ce nom avait été donné primitivement à la membrane qui revêt le mamelon du sein. Les cellules de cette membrane affectent la disposition que nous venons de décrire ; le mot a fait fortune et a servi à désigner toutes les membranes semblables.

(2) La substance intercellulaire qui réunit les plastides épithéliaux a la propriété de s'imprégner facilement de nitrate d'argent ; on utilise cette propriété pour mettre en évidence les contours des cellules d'un endothélium (Pl. XVI). Il est à peine besoin de relever l'absurdité étymologique du mot *endothélium*, qui signifie proprement : mamelon interne.

L'épithélium stratifié est toujours un tissu de revêtement et de protection; l'épithélium simple est, au contraire, un tissu actif adapté aux fonctions d'échange. On conçoit, en effet, que les relations avec les milieux seront plus faciles et plus profitables, si tous les éléments d'un tissu sont directement au contact de ce milieu ; même, l'activité se confinera surtout dans les éléments superficiels, de sorte que, si l'épithélium était primitivement stratifié, les assises éloignées du milieu ne tarderaient pas à disparaître par défaut de fonctionnement, c'est-à-dire d'assimilation. Le mode stratifié est, au contraire, nécessité par la fonction même d'un tissu protecteur dont les assises superficielles, soumises aux accidents, aux traumatismes, aux destructions, laissent l'activité aux éléments sous-jacents. C'est une question de fonctionnement ; elle se ramène à une question d'activité chimique. Une cellule qui ne réagit pas est en effet une cellule destinée à une mort prochaine ; comme preuve concrète, il suffira de signaler l'atrophie des muscles soumis à un repos prolongé et l'hypertrophie de ceux qui ont une activité fonctionnelle excessive.

Il est une forme spéciale d'épithélium sur laquelle il est nécessaire d'attirer l'attention, *l'épithélium à cils vibratiles* (Pl. XVII). Chez l'homme, c'est en général un épithélium stratifié prismatique (1). Les cellules de l'assise supérieure sont munies d'un *plateau* de substance amorphe, de

(1) On dit aussi *cylindrique*, parce qu'on considère seulement, en désignant ainsi cet épithélium, la coupe longitudinale d'un prisme cellulaire semblable à celle d'un cylindre.

même origine que tous les autres résidus des réactions intra-cellulaires. Ce plateau est traversé par une série de prolongements protoplasmiques, qui le dépassent et forment une touffe libre de cils vibratiles. Les cils se meuvent suivant un rythme particulier ; ils se penchent lentement dans un sens donné ; une fois complètement couchés, ils se redressent brusquement. Tous les cils d'une même surface épithéliale se meuvent ensemble, de sorte que les objets qui tombent sur cette surface sont balayés et amenés vers un même point. Dans l'organisme humain, l'épithélium respiratoire est muni de cils vibratiles, qui rejettent vers l'extérieur les mucosités en excès et les impuretés apportées par l'air inspiré. De même, sont vibratiles les épithéliums de l'utérus et des trompes de Fallope ; ce sont les cils qui transportent l'ovule au-devant du spermatozoïde.

D'une façon générale, les épithéliums reposent sur un lit de tissu conjonctif qui prend, dans ce cas particulier, le nom de *derme* ou *chorion*. L'épithélium est séparé de ce soubassement par une lame amincie, molle, pénétrable, transparente, la *membrane vitrée* ou *basale*. Elle est sans structure et doit être identifiée à la substance interposée entre les cellules épithéliales et qui les maintient accolées ; elle provient des éléments épithéliaux et non pas des éléments conjonctifs. Le derme contient les vaisseaux nourriciers de l'épithélium ; mais l'épithélium *ne renferme pas de vaisseaux*. Il n'existe à cette règle que deux exceptions : la *strie vasculaire* du canal cochléaire et les couches profondes de l'épithélium olfactif. Dans certains cas, la surface libre d'un épithélium renferme çà et là quelques cellules spéciales qui produisent du *mucus* et le répandent

sur la surface : de là vient le nom de *muqueuses* souvent donné à certains épithéliums.

Disons enfin que la rénovation d'un épithélium est le fait de certains groupes de cellules et non pas de toutes indifféremment. Dans les épithéliums stratifiés, les éléments reproducteurs forment une couche spéciale, située immédiatement au-dessus de la vitrée, c'est la *couche génératrice* ; dans les épithéliums simples, la faculté reproductrice est dévolue à des îlots de cellules plus petites, îlots épars sur toute la surface.

Différenciations épithéliales. — Cela dit, il est important de connaître les différenciations épithéliales secondaires qui se partagent les divers éléments de la fonction de nutrition exercée séparément par les plasmas constitutifs du protozoaire. Nous laisserons de côté, cela va sans dire, la partie mécanique de la nutrition : elle n'est point le fait de tissus spéciaux et se rattache à la fonction du mouvement.

Nous avons déjà vu que, lorsqu'une particule alimentaire a pénétré dans le corps protoplasmique d'un infusoire, il se produit autour d'elle une vacuole pleine de liquide ; nous avons indiqué comment on se rendait compte de la nature acide de ce liquide. Sous son influence, la particule alimentaire est modifiée, transformée ; peu à peu, elle disparaît et est absorbée par le protoplasma ; enfin elle *s'assimile* à lui, en d'autres termes elle réagit avec lui. Cette réaction ne se fait qu'en présence de l'oxygène emprunté à l'air, phénomène qui constitue la respiration. Nous savons que, de ces divers actes, il résulte du protoplasma nouveau qui s'ajoute à l'ancien et un certain

nombre de composés accessoires, les résidus rejetés au dehors de l'organisme, *excrétés*.

La nutrition, les échanges de la substance vivante avec l'extérieur, se font donc en quatre temps.

La *digestion*, c'est-à-dire la transformation des matières ingérées, *sous l'influence d'un liquide spécial*; *l'absorption* ou passage de ces matériaux modifiés dans l'économie; l'*assimilation* de ces matériaux au protoplasma, ce qui exige la présence de l'oxygène et nécessite par conséquent la *respiration*; enfin l'*excrétion*, rejet pur et simple des résidus de la nutrition.

Dans l'organisme pluricellulaire, par suite de l'établissement de la vie en commun, il se formera nécessairement des tissus spéciaux pour la digestion, l'absorption, l'excrétion, la respiration, c'est-à-dire pour toutes les fonctions préliminaires, mais non vitales à proprement parler, qui ont pour but de préparer les aliments et de les donner aux divers plastides, prêts à être assimilés. Nous devons donc distinguer un tissu digestif colonial, qui fournira les liquides destinés à transformer les aliments, un tissu absorbant, dont l'unique rôle sera de faire passer les substances digérées dans le milieu interne, un tissu respiratoire, qui donnera au même milieu intérieur l'oxygène nécessaire. Les éléments cellulaires de tous les tissus du corps puiseront individuellement dans ce milieu au gré de leurs affinités, assimileront et rendront au milieu les déchets de leurs combinaisons internes. L'assimilation et l'excrétion restent donc le fait de chaque cellule de l'organisme; il n'en pouvait être autrement, l'assimilation étant la propriété fondamentale sans laquelle la vie n'est point possible.

Le rejet des résidus dans le milieu intérieur surcharge ce milieu de substances en majeure partie nuisibles ; elles sont extraites de ce milieu par des épithéliums qui ont pour elles une certaine affinité et constituent un *tissu excréteur*. Mais il s'agit là d'une fonction toute spéciale, née de la vie coloniale, et il est nécessaire de distinguer cette excrétion *coloniale* de l'excrétion *individuelle* effectuée par chaque plastide.

Quant à la cause de ces diverses différenciations, elle est facile à comprendre : la formation d'un organisme pluricellulaire éloigne, d'une part, la plupart des plastides composant des matériaux nutritifs, d'autre part les adapte à des fonctions spéciales, c'est-à-dire modifie les proportions respectives de leurs divers plasmas. Il va de soi que les éléments qui restent au contact des matériaux alimentaires accroissent leurs plasmas digestifs ; par suite, ils en arrivent à absorber et à transformer plus de substances qu'ils n'en peuvent assimiler. Ils rejettent le surplus dans le milieu interne ; les autres plastides trouvent ainsi dans ce milieu des matériaux tout préparés. De sorte que, dans ces plastides internes, déjà modifiés par leur situation, les plasmas digestifs, n'ayant pour ainsi dire pas à réagir, ne s'accroissent pas et même se détruisent partiellement ; ainsi l'adaptation s'établit d'une façon complète.

Épithélium d'absorption. — Au point de vue morphologique, l'épithélium d'absorption générale présente quelques détails particuliers à signaler.

C'est un épithélium prismatique simple, c'est-à-dire composé d'une unique assise de cellules étalées en surface, et sur une large surface. Chacune des cellules pos-

sède un revêtement protecteur sur sa face libre : c'est un disque semblable au plateau des cellules vibratiles, comme lui foré d'un grand nombre de canalicules, à travers lesquels passent des prolongements protoplasmiques. Mais ces prolongements, au lieu de dépasser le plateau et de s'épanouir en un pinceau de cils, s'arrêtent au ras de la surface libre du disque. C'est par eux que s'établit le contact entre la matière alimentaire et le corps de la cellule. Ainsi disposé, l'épithélium extrait de la masse digérée les substances nutritives. C'est encore là un phénomène physico-chimique, soit que ces substances se trouvent mécaniquement attirées par le protoplasma, soit qu'elles le pénètrent au gré des affinités de ce protoplasma. Sans doute, il faut penser que l'un et l'autre procédé est vrai suivant la nature même des substances. Cependant, il y a lieu de remarquer que, dans le dernier cas, les réactions chimiques ne donnent pas des combinaisons très stables, puisque, peu après l'absorption, on retrouve les matières, dans le milieu interne, livrées à la circulation générale.

La structure interne des cellules de l'épithélium absorbant ne présente aucun détail important à noter.

Épithélium sécréteur ou glandulaire. — Éparses çà et là dans le sein de l'épithélium absorbant existent quelques cellules à caractère très spécial. Elles possèdent en abondance les substances plastiques destinées à produire du mucus, qui s'épanche à la surface de l'épithélium.

Ces cellules ne sont pas une différenciation particulière : c'est le reste de l'ancienne manière d'être d'un grand nombre d'épithéliums, dont toutes les cellules possédaient ce

genre d'activité et qui ont perdu, par voie d'adaptation, la propriété de faire du mucus.

Quoi qu'il en soit, ces cellules procèdent à des échanges de *dedans en dehors*, elles puisent dans le milieu interne, par voie d'affinité chimique, un certain nombre de matériaux; dans leur intimité se produisent les réactions nécessaires qui donnent naissance à un résidu spécial, le *mucigène*. Au fur et à mesure de sa formation, celui-ci apparaît sous forme de granulations de plus en plus nombreuses; le corps cellulaire est bientôt envahi en majeure partie; puis, se combinant avec de l'eau qui a également pénétré dans le protoplasma, ces granulations de mucigène se gonflent et se séparent du protoplasma cellulaire. Celui-ci se trouve réduit à une masse en forme de calice. Il ne tarde pas à se reconstituer, puis de nouveau l'excès de résidus s'accumule et la série des phénomènes recommence. On dit que la cellule *sécrète,* qu'elle est douée de la *fonction glandulaire*.

En principe, il existe également dans le sein de l'épithélium absorbant d'autres éléments sécréteurs isolés, dont les résidus sont les sucs acides destinés à rendre les aliments susceptibles d'être absorbés. Ces sucs sont comparables à celui que nous avons vu s'accumuler dans le pseudogaster de l'infusoire. Chez les animaux élevés en organisation, ces cellules, en se multipliant, ont formé un tissu à part, affectant une disposition propre, caractéristique du *tissu glandulaire*. Aux points où existent ces formations glandulaires apparaît chez l'embryon une prolifération épithéliale qui, tout en restant reliée avec la surface d'origine, produit un premier tube enfoncé dans le

chorion (tissu conjonctif embryonnaire sous-jacent). Ce tube se ramifie plus ou moins : il peut se bifurquer simplement, il peut donner lieu à une véritable arborisation très complexe ; de toutes façons, une *glande* est constituée. Le tube d'origine qui s'ouvre à la surface de l'épithélium original est réduit au rôle de conduit vecteur : c'est le *canal excréteur* principal, sur lequel se branchent les canaux excréteurs secondaires. Ceux-ci, à leur tour, donnent attache aux canaux tertiaires, etc.

La dernière ramification aboutit à un cul-de-sac limité par les cellules glandulaires proprement dites. La glande tout entière est baignée par de nombreux vaisseaux sanguins, et les différents culs-de-sac sont enveloppés d'une masse conjonctive, indépendamment du chorion qui supporte l'épithélium.

Les réactions chimiques qui ont provoqué l'adaptation glandulaire caractérisent l'activité même du tissu. Chaque cellule sécrétrice « *choisit* » (1) dans le milieu interne une catégorie déterminée de matériaux vis-à-vis desquels s'exerce l'affinité spéciale de son protoplasma. Ces matériaux subissent une série de combinaisons, dont l'un des résultats est le produit *sécrété*. Celui-ci, ou une partie seulement, se révèle objectivement sous forme de granulations souvent orientées dans le corps cellulaire en séries linéaires parallèles ; de sorte que l'élément prend un aspect strié en long, tout au moins dans la moitié interne de sa masse, celle qui repose sur la vitrée. Ces produits s'accumulent et le plastide se gonfle ; finalement, ils se séparent

(1) Sécrétion vient de *secernere*, choisir.

du plastide, qui est réduit à un volume extrêmement faible. Le produit de la sécrétion tombe dans la lumière du canal, puis, au fur et à mesure qu'il augmente, il gagne le conduit vecteur de premier ordre et atteint par lui la surface. Là, il rencontre les aliments ingérés qu'il va modifier.

Épithélium excréteur. — Le tissu d'excrétion coloniale prend aussi la forme glandulaire. Cependant, il est nécessaire d'établir une distinction. Sans vouloir rechercher, ce qui nous entraînerait trop loin, comment ont pu se faire des adaptations si diverses, il convient de remarquer que les produits impurs, déversés dans le milieu intérieur, en sont extraits de deux façons.

Les uns sont pris purement et simplement et rejetés au dehors de l'organisme par des glandes répondant à la description générale et qui s'ouvrent à la surface du tégument externe (rein, glandes sudoripares).

Les autres subissent une élaboration spéciale qui les transforme de façon à neutraliser leur action, tout en les laissant en fait dans le milieu interne. Ce résultat est obtenu par l'action de glandes qui n'ont pas de canal excréteur, mais déversent dans le milieu interne des produits neutralisateurs. Ce sont les *glandes à sécrétion interne* (thyroïde). Leur développement embryologique s'effectue suivant le mode général, c'est-à-dire qu'elles naissent de l'épithélium originel par une prolifération cylindrique : mais celle-ci est bientôt séparée de sa surface d'origine par la multiplication du tissu conjonctif. De même, les différents culs-de-sacs sont séparés les uns des autres, perdent toutes relations et sont réduits à l'état de vésicules closes (voir pl. XLIII), limitées par une seule assise de cellules.

L'activité glandulaire se manifeste suivant le procédé général (1).

Épithélium respiratoire. — De même que l'assimilation et l'excrétion, la respiration ne saurait être exercée par un tissu particulier; chaque élément devant avoir la part d'oxygène nécessaire à ses réactions propres, nul autre ne peut respirer pour lui. Seulement, la complexité d'un organisme polycellulaire éloignant les cellules du contact direct de l'air, celui-ci, comme les substances nutritives digérées, est véhiculé par le milieu interne. C'est lui qui met en rapport indirect l'air extérieur et les plastides de l'organisme.

Les globules du sang puisent-ils l'oxygène dans l'air, ou bien cet oxygène leur est-il fourni par d'autres éléments ? A vrai dire, les vaisseaux sont toujours séparés de l'extérieur par un épithélium très mince, qui forme les branchies chez les vertébrés aquatiques, les poumons chez les vertébrés terrestres. Ce tissu est considéré par certains auteurs comme un épithélium actif, un véritable épithélium respiratoire pour la colonie tout entière, capable d'extraire de l'air, par son affinité chimique propre, l'oxygène seul pour le donner aux globules rouges; — de sorte qu'il y aurait deux intermédiaires.

Pour d'autres, au contraire, cet épithélium serait pure-

(1) Les glandes sébacées, qui sont des glandes ouvertes, rejetant leur produit à l'extérieur, font exception à ce procédé général. Ces glandes possèdent une couche cellulaire basale en état de constante prolifération. De la sorte, la cavité du cul-de-sac est bientôt pleine ; les éléments centraux tombent en déliquium par transformation totale de leur protoplasma en sébum. Ce sébum est rejeté au dehors. Ranvier nomme ces glandes, dont la sécrétion s'effectue par disparition totale des éléments sécréteurs : glandes *holocrines*, par opposition aux glandes *mérocrines*, dans lesquelles l'élément sécréteur persiste en partie.

ment passif, se laissant traverser par les gaz atmosphériques; les globules rouges agissent alors seuls par affinité chimique.

Une discussion semblable s'est élevée, nous l'avons vu, à propos de l'épithélium absorbant des aliments digérés, dont le rôle est, on le voit, sensiblement analogue à celui du poumon.

4. TISSU NERVEUX

Le tissu nerveux est très nettement caractérisé par la forme de ses cellules. Le rôle de celles-ci étant de percevoir les sensations diverses, de les transmettre à tous les autres éléments du corps, de façon à établir un fonctionnement synergique de l'ensemble de l'organisme, les cellules sont munies de prolongements nombreux, qui aboutissent à la périphérie des organes d'une part, aux éléments anatomiques d'autre part.

Une objection se présente aussitôt à l'esprit. Sans doute, il est aisé de concevoir comment une modification d'ordre chimique peut provoquer le quasi-isolement des diverses propriétés vitales sur des plastides différents; mais il est plus difficile de comprendre comment un tel phénomène entraîne avec lui des changements de forme aussi considérables, et comment la force des réactions chimiques conduit les cellules nerveuses à contracter des relations avec les divers membres de la colonie, relations qui paraissent établies comme par un guide conscient. A ne considérer qu'un individu supérieur, la manière d'être du

système nerveux jette évidemment la confusion dans tout esprit qui cherche à saisir les causes efficientes. Mais, si nous regardons des êtres très inférieurs, et si de ce point de départ nous remontons graduellement, l'explication du phénomène devient très simple.

Chez ces êtres très inférieurs, dont l'organisme se réduit à peu près à deux lames épithéliales concentriques, les cellules se trouvent peu éloignées les unes des autres, presque en contact. Sous l'effet d'excitations venues du dehors, excitations qui modifient bien évidemment le sens des réactions du plastide excité, la différenciation se produit dans l'intimité de ces éléments, qui transmettent l'excitation à d'autres éléments sous-jacents au contact desquels ils se trouvent. A mesure que l'organisme se complique, les divers plans de cellules s'éloignent, mais les éléments déjà différenciés dans le sens nerveux conservent des connexions, qui sont devenues la raison même de leur activité chimique. Car une cellule sensible qui reçoit une excitation ne réagit qu'autant qu'elle est au contact d'un autre élément. Peu à peu, l'élongation prend de grandes proportions, et graduellement se constitue l'élément nerveux humain, si merveilleusement développé. Il faut ajouter tout de suite que ce phénomène de pure adaptation devient héréditaire dès le principe et que, d'une étape à l'autre, il y a transition ménagée.

L'élément constitutif du système nerveux, lorsqu'il a atteint son complet développement, répond d'une façon générale au schéma suivant.

Le corps cellulaire est muni d'une série de prolongements en nombre variable et ces prolongements s'épa-

nouissent, après un trajet plus ou moins long, en une riche arborisation, dont chaque branche se termine par un petit bouton. De ces prolongements, l'un est toujours très long et très mince : il naît sur le corps cellulaire et souvent sur un autre prolongement, par un petit cône ; il se dirige toujours vers les éléments internes et porte le nom de *neurite;* sur son parcours il émet des rameaux collatéraux. Tous les autres prolongements, ou *dendrites,* épais et aussi généralement plus courts que le neurite, se dirigent vers la périphérie, d'où viennent les excitations. L'ensemble du corps cellulaire et des prolongements a reçu le nom de *neurone* (voir Pl. XXIX).

Dans le corps cellulaire on constate des formations sur lesquelles on s'est beaucoup attardé dans ces dernières années. Ce sont des grains dits « grains chromatophiles », qui s'imprègnent très vigoureusement aux couleurs d'aniline. Ils sont disposés concentriquement autour du noyau, et pénètrent dans les prolongements à leur origine. On ne sait rien de leur nature, mais il est probable que ce sont des résidus de l'activité de l'élément, constituant peut-être des matières de réserve. Ce qui donnerait un certain degré de vraisemblance à cette manière de voir, c'est que ces grains se fondent et disparaissent au cours d'un très grand nombre d'états pathologiques. C'est le phénomène connu sous le nom de *chromatolyse,* auquel on a voulu donner un caractère spécifique de certains états morbides. Il suffit de suivre les multiples publications concernant la chromatolyse, pour se convaincre que celle-ci se produit chaque fois que l'organisme est profondément atteint ; son caractère

de spécificité sera fondé seulement le jour où l'on aura pu décrire des différences sensibles dans son mode de production.

Quoi qu'il en soit, autant que le corps cellulaire, les prolongements présentent pour nous un réel intérêt. Chaque fois que l'un d'eux — neurite ou dendrite — atteint quelque longueur, il se revêt d'une enveloppe protectrice, dont il importe de donner la description. Cette enveloppe comprend deux gaines concentriques: l'une de nature graisseuse, la *myéline*, relativement épaisse, entoure directement le protoplasma nerveux; l'autre, tout extérieure, a l'aspect d'une mince membrane et porte le nom de *gaine de Schwann*. De distance en distance, cette enveloppe présente des étranglements, qui divisent l'ensemble de la myéline et de la gaine en manchons réguliers. Chaque manchon est ensuite nettement séparé du voisin par une cloison que l'on aperçoit nettement sur la figure (voir Pl. XIV). Enfin, chaque manchon possède un noyau situé entre la myéline et la gaine de Schwann. On a décrit aussi, directement accolée au prolongement, une gaine mince et granuleuse, la *gaine de Manthner*. Celle-ci ne subit pas d'étranglements, elle conserve une épaisseur égale d'un bout à l'autre du prolongement. Cette prétendue gaine, sur laquelle les auteurs se sont appesantis à plaisir, fait partie intégrante du prolongement nerveux.

Il n'en est pas de même de la myéline et de la gaine de Schwann. Ce sont des parties surajoutées, dont on connaît l'exacte signification depuis le jour où Vignal en a indiqué le mode de développement. Vignal a montré que gaine de Schwann et gaine de myéline sont les parties

d'un même tout, provenant de la transformation de cellules conjonctives disposées en file tout le long du prolongement. Ces cellules conjonctives augmentent progressivement de volume. Tout en grandissant, elles enveloppent le cylindre nerveux qui se trouve bientôt occuper l'*axe* d'un certain nombre de ces éléments mis bout à bout, d'où le nom de *cylindre-axe* que l'on donne d'ordinaire au prolongement. A mesure qu'elles s'accroissent ainsi, ces cellules conjonctives subissent l'évolution graisseuse (voir pl. haut), et par suite leur noyau se trouve rejeté à la périphérie, entouré d'une petite quantité de protoplasma non dégénéré, tandis qu'elles s'enveloppent d'une membrane résistante. La graisse produite est un peu spéciale par sa composition et devient la myéline; la membrane d'enveloppe devient la gaine de Schwann à laquelle se trouve accolé le noyau. A chaque manchon ou segment correspondent une de ces cellules et un noyau; l'accolement de deux d'entre elles produit la cloison très nette que nous avons signalée. En outre, la transformation graisseuse n'est pas absolument complète : il persiste quelques brides protoplasmiques qui segmentent la myéline en territoires plus ou moins réguliers.

Quant à la gaine de Mauthner, c'est une fausse apparence due à ce que le protoplasma, plus homogène à la périphérie du cylindre-axe, n'a pas, comme dans son épaisseur même, les granulations disposées en files longitudinales. Cette couche superficielle tranche nettement et paraît former une gaine.

Tel est l'élément nerveux en général. Il est bon d'ajouter que, dans la constitution du tissu nerveux, les corps

cellulaires se groupent généralement ensemble et prennent un aspect gris rougeâtre, tandis que les prolongements forment de leur côté des faisceaux blancs, coloration due à la myéline. Chaque prolongement est une *fibre*.

La différenciation nerveuse n'est pas une. La sensibilité, en effet, s'exerce à l'aide de plusieurs éléments à chacun desquels, au cours de la division du travail, s'adaptent des neurones spéciaux. Ceux-ci ne présentent pas toujours des caractères morphologiques différentiels très précis à l'œil; cependant, il est possible de distinguer un certain nombre de formes histologiques ou de réactions histochimiques. Nous allons y revenir (voir p. 74).

Auparavant, il est essentiel d'indiquer que les neurones adaptés à une même fonction se réunissent par groupes ou *centres*. Ils sont le *centre* d'un mode d'activité.

Tous les neurones d'un centre possèdent une différenciation semblable, leur agglomération a pour résultat de renforcer l'action et de l'assurer au cas où l'un des éléments ou plusieurs d'entre eux viendraient à manquer. Dans ces conditions, ces *centres* nerveux ont exactement la même valeur physiologique et la même signification anatomique qu'un tissu quelconque.

Le mode d'activité de tous ces centres nerveux laisse à penser à priori qu'ils sont en relations plus ou moins intimes les uns avec les autres. La physiologie nous enseigne, en effet, que, tout en conservant une certaine indépendance fonctionnelle, ils se commandent mutuellement, que même il est possible d'établir quelques vastes groupements hiérarchiques : cerveau, bulbe, moelle épinière, etc.

L'histologie montre que ces relations de centre à centre s'établissent effectivement d'un neurone à l'autre, par l'intermédiaire de leurs prolongements. Ces prolongements viennent au contact, de telle sorte que le neurite d'un neurone d'un centre donné soit contigu aux dendrites d'un neurone d'un autre centre voisin. De plus, on observe l'existence de neurones spécialement destinés à établir des relations directes entre les éléments d'un même centre ou, au contraire, de centres très éloignés.

De la sorte, le système nerveux tout entier constitue un vaste ensemble de chaînes de neurones communiquant tous entre eux médiatement ou immédiatement. Jadis, on pensait qu'il y avait soudure de tous les prolongements; le système nerveux était considéré comme formant un réseau. La notion de *contiguïté*, due à Ramon y Cajal, a été le point de départ pour nos connaissances histologiques, physiologiques et psychologiques, d'une série de nombreux et rapides progrès, dont on trouvera l'indication détaillée dans nos livres les plus récents (1). Il ne nous appartient pas d'y insister ici; nous devons nous borner aux indications générales.

La plupart des centres et une bonne partie de leurs prolongements forment, on le voit, un amas compacte et volumineux, connu sous le nom d'*axe cérébro-spinal*. Ils sont réunis par un tissu de nature spéciale, la *névroglie*, qui a pour éléments des cellules de même origine embryolo-

---

(1) Voir en particulier : MATHIAS-DUVAL. Précis d'Histologie. Paris, 1897. — Cours de physiologie. Paris, 1898, 8e édition. — TESTUT, 4e édition. Paris, 1899. — Voir aussi : MATHIAS-DUVAL. Théorie histologique du sommeil, *Société de Biologie*, 1895.

gique que les neurones. Ce sont des *grains* à corps cellulaire ovoïde muni d'une série de fins prolongements, unis d'un grain à l'autre, déterminant un réseau qui enserre dans ses mailles les éléments nerveux proprement dits.

On sait que certains prolongements s'éloignent de l'axe cérébro-spinal et vont au loin porter aux divers plastides de l'économie l'écho des excitations externes ou internes. Nous verrons aussi que certains centres se séparent de l'axe lui-même et forment à côté de lui, sous le nom de *ganglions,* des amas isolés. D'ores et déjà, il est nécessaire d'attribuer à ces ganglions leur valeur exacte et de les considérer comme des portions détachées de la masse principale. Leurs attributs physiologiques, comme leur origine embryologique, imposent cette façon de voir.

Différenciations diverses des neurones. — Ces notions établies, il nous est possible d'aborder l'étude générale des spécialisations diverses provoquées par la dissociation de la sensibilité primordiale, plus exactement de l'irritabilité.

Essayons d'analyser l'effet produit par une excitation, soit la plus simple : une piqûre. L'instrument piquant touche l'individu — un protozoaire par exemple — qui *sent* le contact. Quel que soit d'ailleurs l'effet exactement produit, simple contact ou contact avec douleur et chaleur, le résultat sera le même : le protoplasma est irrité, le traumatisme provoque un mouvement, tout se passe comme si l'individu fuyait.

Nous avons ici deux choses : une *sensation* perçue et un *mouvement* ou *réaction motrice*. Celle-ci se manifeste

dans l'organisme complexe par une contraction musculaire. Mais la contraction est un phénomène contingent ; elle traduit objectivement la réaction des neurones, en fait elle n'est pas la réaction elle-même ; celle-ci réside essentiellement : 1° dans la transformation de l'excitation en *sensation* consciente ou inconsciente ; 2° dans la transformation de la sensation en *acte moteur*.

A des neurones spéciaux incombe ce travail : d'une part aux *neurones sensitifs*, dont les dendrites situés à la périphérie *perçoivent les excitations extérieures* ; d'autre part aux *neurones moteurs*, dont les dendrites sont au contact du neurite des neurones sensitifs, tandis que leur neurite vient se terminer sur la fibre musculaire même.

Pour être exact, il faut dire que la transformation de la sensation pure en réaction motrice ne se fait pas dans le corps cellulaire du neurone moteur, mais dans l'extrémité terminale des dendrites du neurone moteur, à leur *articulation* avec le neurite du neurone sensitif. De même, l'élaboration de l'excitation s'effectue dans les dendrites du neurone sensitif et non dans son corps cellulaire. Celui-ci a un rôle trophique, tandis que tout le reste du prolongement a un rôle de conduction.

En résumé, lorsqu'une piqûre se produit sur la peau et qu'immédiatement la main se porte au point piqué, deux neurones entrent en jeu. Cet acte, en général inconscient, — instinctif, suivant l'expression commune — est un *réflexe* ; aussi simple soit-il, il montre jusqu'à quel point est poussée, dans le système nerveux, la différenciation chimique des cellules, ou, ce qui revient au même, la division physiologique du travail.

Ajoutons que, grâce aux collatérales de son neurite, un même neurone sensitif peut s'articuler avec plusieurs neurones moteurs, distribuer à chacun d'eux la sensation perçue et provoquer ainsi un nombre illimité de réactions motrices, en d'autres termes un *réflexe composé*.

La différenciation, déjà poussée très loin dans l'acte réflexe inconscient, est portée à un plus haut degré encore lorsqu'il s'agit d'actes conscients. Ici, le Biologiste est actuellement impuissant à saisir la raison même du phénomène, le détail exact de la dissociation. Le fait est qu'entre le neurone sensitif et le neurone moteur s'intercalent deux autres neurones. On distingue alors le *neurone sensitif périphérique*, ou *protoneurone*, qui transforme l'excitation en sensation et la transmet au *neurone sensitif central*, ou *téléneurone*, qui, sans doute, élabore la perception consciente de cette sensation ; le *neurone moteur central*, qui élabore la réaction motrice consciente ; enfin, le *neurone moteur périphérique*, qui va directement exciter le muscle. Quand y a-t-il réflexe simple ? Quand y a-t-il conscience ? Pourquoi, dans certains cas, les neurones sensitif et moteur périphériques peuvent-ils entrer directement en relation ? Pourquoi, dans d'autres cas, ces relations deviennent-elles indirectes ? Autant de questions que nous ne saurions convenablement résoudre aujourd'hui. Il y a, sans doute, *élaboration de la conscience* ; ce n'est pas une vaine hypothèse, c'est la seule explication logique. Le point délicat est de savoir sous quelle influence la marche de l'excitation nerveuse, au lieu d'aller par le plus court chemin (réflexe simple), prend des voies détournées (conscience).

A un point de vue purement topographique, il convient d'indiquer que les *neurones moteurs périphériques* sont situés dans la moelle épinière et le bulbe ; les *neurones sensitifs périphériques* sont *tous* rejetés en dehors de l'axe cérébro-spinal et forment les amas de substance nerveuse connus sous le nom de *ganglions rachidiens* et *ganglions intra-crâniens*. Les *neurones sensitifs centraux* appartiennent au bulbe ; enfin les *neurones moteurs centraux* appartiennent tous au cerveau.

Spécialisations sensitives et motrices. Organes des sens. — Nous avons jusqu'ici supposé une excitation produite par un agent quelconque et nous avons admis que tout neurone sensitif périphérique réagissait toujours et de la même façon, quel que fût l'excitant. Évidemment, dans l'organisme mono-cellulaire et chez les êtres inférieurs, les choses se passent ainsi. Mais, à mesure que l'être se complique, les différenciations se multiplient et il arrive un moment où, suivant toute logique, les divers modes d'excitation doivent être perçus par des neurones spéciaux. La saveur, les odeurs, le son, la lumière, toutes les manifestations de l'énergie en un mot, impressionneront tel ou tel élément à l'exclusion des autres, chacun de ces excitants étant capable de provoquer des modifications chimiques importantes, de créer des différenciations qui, transmises par hérédité, s'affinent et se localisent. Les divers groupes de neurones, semblables au début, se sont modifiés chimiquement par l'effet des excitations extérieures. Chacun réagissant suivant sa nature, suivant cet état individuel que les expériences mettent en évidence, les uns sont devenus sensibles à la lumière, les autres aux sons, aux saveurs,

aux odeurs, à la température, au contact. La spécialisation devient telle, que tout mode d'énergie agissant sur l'un quelconque de ces neurones, est immédiatement transformé par lui et perçu sous une forme déterminée : un choc est perçu par l'œil sous forme de lumière, etc.

Ainsi se sont constitués les *organes des sens*. D'abord plus ou moins éparpillés à la surface du corps, chez les organismes inférieurs, certains d'entre eux ont fini par se localiser sur les points où leur activité était la plus grande, suivant le phénomène bien connu que l'absence de fonctionnement entraîne les organes à dégénérer et à se détruire, leurs réactions chimiques se faisant mal dans le repos absolu ou relatif (1) ; — les autres sont demeurés répandus sur tout le tégument externe. Aux premiers on a donné le nom d'*organes de la sensibilité spéciale,* aux seconds celui d'*organes de la sensibilité générale*. En fait, cette distinction est sans fondement, puisqu'aussi bien les premiers que les seconds sont incapables de percevoir autre chose que la forme spéciale d'énergie pour laquelle ils sont adaptés.

Au point de vue purement anatomique, tous les organes des sens sont parfaitement comparables entre eux. Chacun doit se composer et se compose : 1° du neurone sensitif périphérique, directement soumis à l'excitant et qui perçoit la sensation ; 2° du neurone sensitif central qui est indispensable à toute perception consciente, quel que soit d'ailleurs exactement son rôle. Les rapports de ces deux neurones, soit l'un avec l'autre, soit avec la périphérie,

(1) Voy. Le Dantec. Théorie nouvelle de la vie.

sont extrêmement curieux à étudier. Dans l'organe des sens le plus simple et aussi le plus grossier — le toucher — le corps cellulaire du neurone périphérique, situé dans l'un des ganglions rachidiens, se trouve fort éloigné de l'extérieur ; son dendrite, très long, peut atteindre et dépasser un mètre. Le corps cellulaire est également très éloigné de celui du neurone central situé dans le bulbe. Le toucher est un organe des sens à long trajet. Or, si l'on suit la série dans l'ordre suivant, toucher, goût, ouïe, odorat, vue, qui est une gradation hiérarchique, tant en anatomie qu'en physiologie, on constate une double tendance : le corps cellulaire du protoneurone tend à se rapprocher, d'une part de la périphérie, par raccourcissement de son dendrite, d'autre part du corps cellulaire du téléneurone, par raccourcissement de son neurite. De la sorte, dans l'organe le plus élevé, l'œil, les deux neurones se trouvent à la périphérie et très voisins l'un de l'autre ; tous deux sont contenus dans la rétine, membrane dont l'épaisseur ne dépasse pas 1/2 millimètre ($0^{mm},4$ à $0^{mm},2$).

Ces deux éléments essentiels de tout organe des sens sont toujours accompagnés de cellules spéciales, d'origine conjonctive ou épithéliale, cellules de soutien et de protection, qui viennent se grouper autour de la terminaison périphérique directement soumise aux actions extérieures. Lorsque les corps cellulaires eux-mêmes sont très rapprochés de la périphérie, les cellules de soutien les enveloppent également. En outre, dans les bourgeons gustatifs, dans l'oreille et l'œil, se trouve un élément surajouté, placé au-devant de la terminaison nerveuse. C'est une cellule munie d'un ou plusieurs cils vibratiles, destinée,

par sa situation à recevoir directement le choc de l'impression extérieure. Tout se passe comme si ces terminaisons nerveuses ne devaient pas subir une action immédiate, trop vive, trop brutale, comme si cet élément surajouté, ou *cellule sensorielle*, devait amortir le coup, transmettre une excitation adoucie, épurée.

Il est à peine besoin de faire remarquer que le neurone sensitif central entre en relation avec le neurone moteur central et celui-ci avec le neurone moteur périphérique. La chaîne est partout complète, et partout aussi probablement, quoique le fait ne soit pas démontré par l'observation anatomique, c'est une chaîne à dédoublement, c'est-à-dire que, suivant les cas, l'excitation se transmet sans intermédiaire du protoneurone sensitif au protoneurone moteur, ou bien passe pour aller de l'un à l'autre par les deux neurones centraux.

Mémoire. — Quoi qu'il en soit, les neurones moteurs possèdent la propriété vraiment singulière de garder l'impression et de pouvoir la reproduire à volonté. Ils conservent la *mémoire* des sensations, et chacun naturellement de la sensation qu'ils sont chargés de transmettre ordinairement. La mémoire est ou non consciente (1). Lorsqu'elle n'est pas consciente, elle prend le nom d'habitude ; il est d'observation courante qu'un mouvement d'abord appliqué — l'acte d'écrire par exemple — devient progressivement habituel, machinal. Est-ce que la transmission, ne suivant

(1) Nous n'avons aucune donnée sur ce que peut être la mémoire. Il est simplement permis de supposer qu'il s'agit d'une modification moléculaire plus ou moins stable, se reproduisant avec plus ou moins de facilité. Ce serait en somme une adaptation ultime, le dernier terme de la différenciation.

d'abord que la chaîne à protoneurone, arrive à ne suivre que la chaîne à deux neurones ? C'est infiniment probable, mais nous ne trouvons sur ce point aucun renseignement. Il est bon toutefois de constater, en passant, le rapport étroit qui relie la mémoire à l'habitude ; l'habitude est une mémoire réflexe.

Telle est la constitution générale du système nerveux. Il est bien évident que la forme spéciale des neurones varie suivant leur différenciation. Les moteurs et les sensitifs n'ont pas exactement le même aspect. Parmi les sensitifs, il s'établit des distinctions d'après le mode de sensibilité auquel ils sont adaptés ; les périphériques ne sont pas semblables aux centraux. Parmi les moteurs, il n'est pas toujours possible, du moins en l'état actuel de nos moyens d'investigation, de reconnaître les neurones de tel ou tel groupe particulier, mais les neurones périphériques sont nettement distincts des neurones centraux. Étudier les caractères morphologiques spéciaux est l'objet de l'histologie spéciale ; nous n'avons pas à le faire ici.

Nous aurions donc terminé ce qui a trait au système nerveux, si nous ne devions indiquer la localisation dans des neurones particuliers de l'un des derniers éléments de la sensibilité : l'*équilibre*.

L'une des conditions mêmes de l'existence de l'organisme, en effet, est l'état d'équilibre de cet organisme dans le monde extérieur. C'est en somme une simple loi physique. Le protozoaire le plus simple obéit à cette loi ; l'être polycellulaire ne saurait y être soustrait.

A voir les choses de près, il apparaît que le « sens de

l'équilibre » est la résultante des excitations perçues par tous les modes de la perception, depuis le simple toucher jusqu'à la vue. L'équilibre s'établira donc par la convergence sur des neurones spéciaux de toutes les impressions. Ces neurones entreront en relation de contiguïté avec des prolongements collatéraux de tous les neurones sensitifs. Leur existence n'est pas douteuse; ils siègent dans le cervelet. Nous aurons l'occasion d'indiquer (voir pl. XXVII) leur forme très spéciale.

5. TISSU MUSCULAIRE

Les éléments musculaires reçoivent des nerfs l'excitation motrice; adaptés au mouvement, ils objectivent cette excitation. Ils font en quelque sorte partie intégrante des éléments nerveux: les uns ne sauraient se concevoir sans les autres.

L'adaptation au mouvement détermine une forme assez spéciale. Les cellules musculaires, allongées ou tout au moins disposées en séries linéaires, constituent des fibres. En outre, certains de ces éléments sont nettement caractérisés par la structure interne de leur protoplasma, dans lequel on distingue une striation transversale; elle est due à l'interposition, à distance régulière, de substances à réfringence variée.

Il est à remarquer que, dans les *fibres lisses*, les plus simples à tous les points de vue et les premières en date dans la phylogénie, cette disposition n'existe pas ou est peu marquée. Chaque fibre représente une cellule très

allongée, fusiforme, possédant un noyau en bâtonnet, *absolument caractéristique* (pl. IX). Le corps cellulaire présente une striation longitudinale, premier indice d'une dissociation de ce corps cellulaire en fibrilles, c'est-à-dire une séparation des substances plastiques en deux groupes: les substances contractiles d'une part, formant la striation longitudinale, mélangées peut-être dans une certaine mesure à des résidus de l'assimilation; les substances non contractiles de l'autre.

Ces cellules ne peuvent en général produire qu'un mouvement lent. Or, dès qu'on examine les *fibres striées* (pl. X), dont la contraction est très rapide, rythmée ou non, en outre de cette fibrillation longitudinale on constate que chaque fibrille est composée d'une série de disques bout à bout, alternativement clairs et obscurs. Et si on pousse très loin l'analyse microscopique, on découvre une assez grande complexité : chaque disque obscur est traversé par deux lignes claires décomposant les disques en trois segments sensiblement égaux ; chaque disque clair est traversé, perpendiculairement au milieu de son axe, par une ligne obscure. La fibre striée, comme la fibre lisse, est décomposée en fibrilles, et la disposition striée se répète, exactement la même, sur chaque fibrille.

Nous n'avons que des données très imparfaites sur l'origine même de cette striation transversale ; il est cependant permis de penser qu'elle est due, au moins en partie, à l'incorporation de certaines substances résiduelles produites par l'assimilation. Dans tous les cas, il est intéressant de constater qu'une telle structure coïncide avec la fonction de motricité rapide.

Nous donnons plus loin les détails descriptifs de la fasciculation des fibres striées (pl. XI) ; il est nécessaire d'indiquer tout de suite que la fibrillation n'est pas homogène, c'est-à-dire que le protoplasma tout entier n'est pas transformé en fibrilles. Sur une coupe transversale, on constate que les fibrilles constituent des groupes (désignés sous le nom de *colonnettes*) dans le sein d'un protoplasma non différencié, de sorte que nous aurons la gradation suivante : fibrille, colonnette, fibre (1). Quelle est la signification exacte d'une telle structure ? Nous ne sommes pas en état de l'indiquer ; cependant, comme nous l'énoncions tout à l'heure à propos des fibres lisses, ne pourrait-on pas penser qu'il s'agit en réalité de l'isolement des substances contractiles dans le sein des autres substances nécessaires à la vie même de l'élément ?

Les fibres musculaires striées à mouvement rythmique — fibres du cœur — ont une striation beaucoup moins complexe et constituent un passage entre les éléments lisses et les éléments striés proprement dits. On trouvera dans le texte explicatif des planches les détails accessoires sur la structure des diverses fibres et sur leur disposition en faisceaux (pl. XIII).

6. SYSTÈME REPRODUCTEUR

Pour terminer cette revue des éléments spéciaux qui

---

(1) La coupe transversale d'une fibre montre ces groupements de fibrilles en colonnette ; l'aspect d'une telle coupe a reçu le nom de *champ de Cohnheim*.

ont monopolisé, si l'on peut ainsi dire, chacune des diverses fonctions vitales et celles qui sont déterminées par la vie coloniale, il est essentiel de s'arrêter sur les éléments de la reproduction (pl. XLVIII à L).

Nous avons indiqué, dès le début de ces pages, que les éléments reproducteurs ne pouvaient être, par essence, des éléments spécialisés. Car, un élément dans lequel telle ou telle substance plastique prédomine aux dépens des autres, transmettra ce caractère à son descendant; dans de telles conditions, le procréé ne serait en réalité qu'*une partie* du procréateur. Or, par définition, la reproduction est la mise au jour d'un être semblable au reproducteur; il faut donc que la cellule destinée à être rejetée hors de la colonie, pour fournir par bipartition successive une colonie nouvelle semblable à la première, soit une cellule non différenciée, complète quant à ses substances plastiques.

Cependant, chez le plus grand nombre d'animaux et chez les vertébrés en particulier, la reproduction ne peut avoir lieu qu'après fécondation, c'est-à-dire après la conjonction de deux éléments sexuels. Chacun de ceux-ci pris à part aura-t-il donc subi un certain degré de différenciation? Ici, il faut l'avouer, la question devient confuse, et l'on ne trouve pas, dans les manifestations objectives d'un organisme simple, l'indication précise de deux *sous-fonctions* reproductrices. On peut, pour les expliquer, avoir recours à d'intéressantes hypothèses, et admettre, d'après certaines données expérimentales, la dissymétrie moléculaire du mâle et de la femelle; rien encore, ni dans la phylogénie, ni dans l'ontogénie, ne nous indique ce que

nous voudrions surtout savoir, la cause première de cette dissymétrie. Tout ce qu'il est permis de dire, c'est que la sexualité est très ancienne, puisque déjà l'accouplement existe et paraît indispensable, dans certaines circonstances, chez les infusoires. Quoi qu'il en soit, le fait brutal est hors de contestation. Il faut nous contenter pour l'instant de constater le fait.

7. ASSOCIATION DES TISSUS

Nous devons examiner maintenant les conditions mêmes dans lesquelles les tissus s'associent. Nous verrons ainsi, mais il est bon de l'annoncer par avance, que dans tout organe se trouve un tissu, répondant à l'une des formes connues, mais doué d'une activité spéciale, caractéristique; c'est celui que l'on désigne parfois sous le nom de *tissu noble*. Il est *toujours* associé avec du tissu conjonctif qui joue le rôle de soutien; il peut être encore accompagné d'un ou plusieurs autres tissus à fonctions accessoires ou adjuvantes de la fonction du tissu principal. Ainsi, le tissu absorbant de l'intestin grêle est associé à du tissu musculaire lisse. Celui-ci fait progresser le bol alimentaire, le promène à la surface de l'épithélium; par ce moyen le bol est mis en contact avec les divers points de cette surface. L'absorption se trouve ainsi facilitée, tandis que les substances non absorbées sont peu à peu amenées vers l'extérieur.

En outre, plusieurs organes, concourant à une même fonction, peuvent se trouver emmêlés et ne former en

apparence qu'un seul tout. Dans l'épaisseur des parois de l'intestin grêle, par exemple, se trouvent diverses glandes de petit volume, ayant chacune une fonction digestive. Chaque glande est en réalité un organe à part, car il est possible de les dissocier physiologiquement de l'organe absorbant.

Enfin, dans chaque organe se trouvent aussi des vaisseaux et des nerfs, qui en font partie intégrante : les uns baignent les divers tissus de l'organe, leur apportant les matériaux de l'assimilation ; les autres établissent les relations entre les diverses cellules produisant la synergie fonctionnelle de l'organisme tout entier.

Nous sommes parvenus au terme de notre analyse. Nous espérons avoir clairement montré comment on peut concevoir le fait de la différenciation histologique. Certes, il faut le reconnaître, la théorie mécanique n'a pas encore donné tout ce qu'on peut attendre d'elle ; bien des points restent obscurs. Néanmoins, il semble impossible à l'heure actuelle de ne point l'admettre. Elle apparaît comme le résultat des observations cytologiques ; rechercher si elle est vraie, doit être la base de toute étude histologique. En effet, si l'histologie ne veut pas rester un simple recueil de faits, une collection froide et sans intérêt de descriptions plus ou moins minutieuses, elle doit conduire à débattre ces hautes questions et d'autres encore. Elles éclairent, ces questions, les études de laboratoire, elles permettent de les comprendre et de les enchaîner. Que nous importe, après tout, la forme, l'origine de tel ou tel tissu, si nous

n'avons pas l'espoir de connaître un jour la cause de sa forme et de son existence même ?

Evidemment, nous sommes encore incapables de préciser tous les points; nous ne saurions dire, par exemple, sous quelle influence s'associent les tissus pour former les organes. C'est pour en arriver là que les recherches d'observation restent indispensables, et sans aucun doute l'étude de l'embryologie et de l'histologie comparées, les expériences bien conduites, donneront tôt ou tard la solution.

I

TISSUS ÉLÉMENTAIRES

PLANCHE I



Planche I

TISSU CONJONCTIF LACHE (Dissociation)

Grossissement : 85 diamètres.

(*V. Introduction, page* 46)

C'est le tissu le plus répandu dans l'organisme.

Il se compose essentiellement des trois éléments donnés par la photographie. Les formations fibrillaires attirent tout particulièrement l'attention. On distingue très aisément :

1° Les *faisceaux de fibrilles* (*ff*), cordons cylindriques, très finement striés suivant leur longueur, légèrement ondulés, s'entre-croisant dans tous les sens.

2° Des fibres plus fines, plus réfringentes, nettement limitées sur la photographie par deux traits déliés, ce sont les *fibres élastiques* (*el*).

3° Enfin les cellules (*n*), éparses çà et là, et en particulier accolées aux faisceaux de fibrilles.



1

Grav. et Imp. Brière et Dubois
Puteaux.

Georges CARRÉ et C. NAUD, Éditeurs



Prép. Et. Rabaud.
Microphot. F. Monpillard.

Grav. et Imp. Prieur et Dubois
Puteaux.

Georges CARRÉ et C. NAUD, Éditeurs

PLANCHE II

Planche II

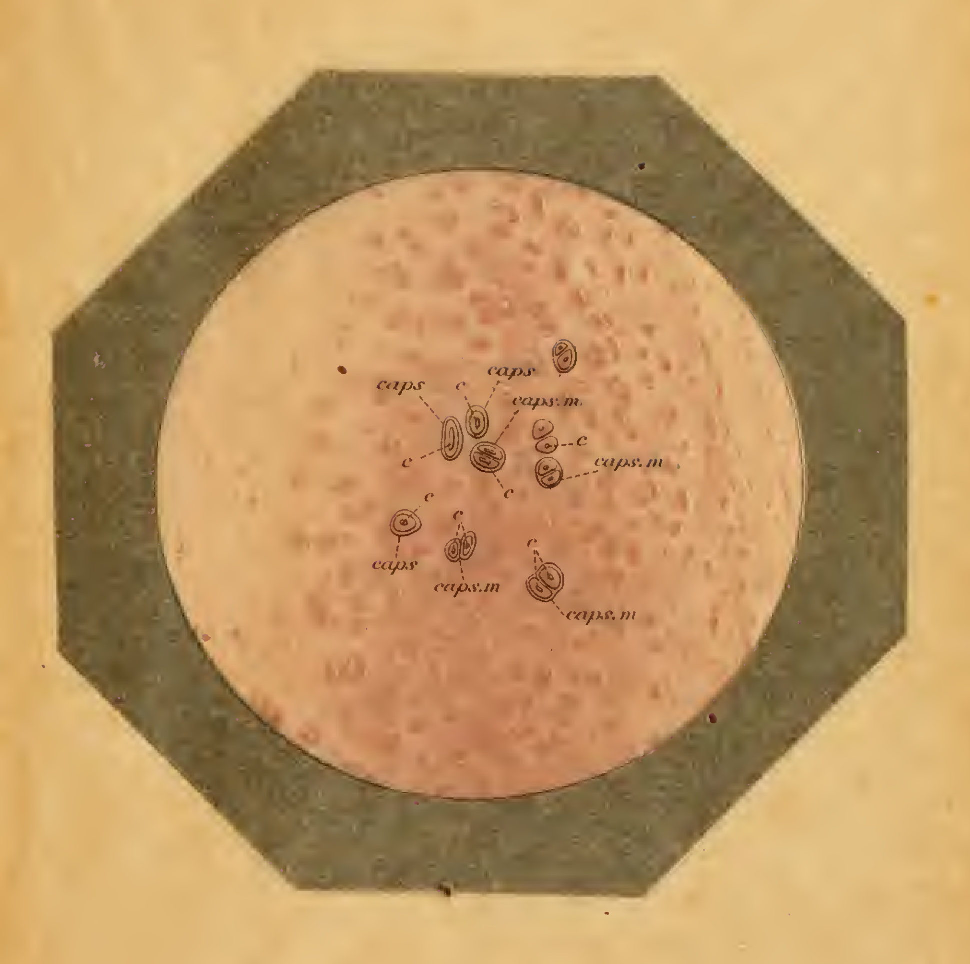
COUPE DU CARTILAGE HYALIN

Grossissement : 350 diamètres.

(*V. Introduction, page* 49)

Le cartilage hyalin est caractérisé par une substance transparente, sans structure, dans le sein de laquelle sont éparses des cellules (*c*).

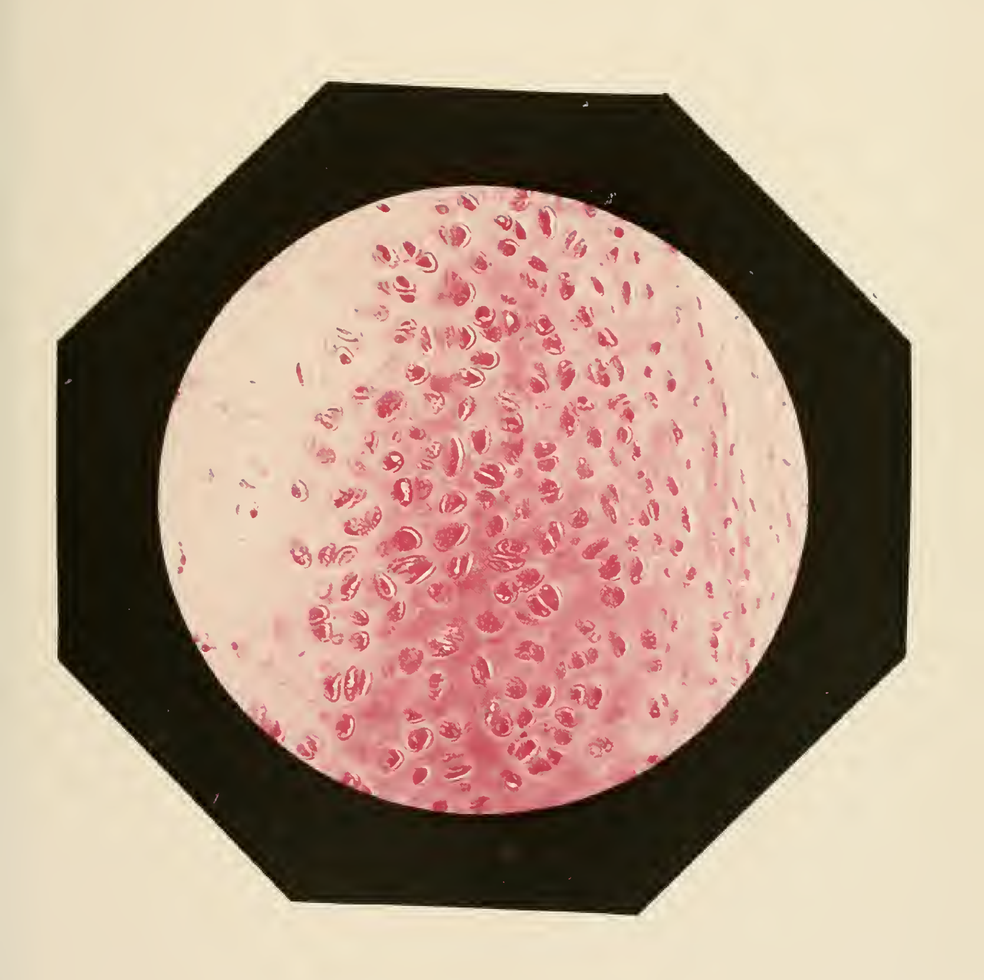
Disposées sans ordre, ces cellules sont sphériques (rondes sur la coupe) ou hémisphériques. Quand elles sont sphériques, elles sont isolées, à distance de leurs voisines ; dans le cas contraire, deux cellules sont adossées par leur face plane. Elles sont alors contenues dans une capsule-mère (*casp. m*), chacune possédant une capsule-fille. La photographie montre l'un et l'autre de ces aspects ; en outre, les cellules s'étant rétractées sous l'effet du réactif fixateur (acide osmique), on aperçoit nettement la capsule (*caps.*) de chacune d'entre elles. Les noyaux sont peu visibles.



2

Grav. et Imp. Prieur et Dujardin
Puteaux.

C. NAUD Éditeurs



Prép. Et. Rabaud.
Microphot. F. Monpillard.

Grav. et Imp. Prieur et Dubois
Puteaux.

Georges CARRÉ et C. NAUD, Éditeurs

PLANCHE III

Planche III

COUPE TRANSVERSALE D'UN OS PLAT

Grossissement : 10 diamètres.

(*V. Introduction, page* 52)

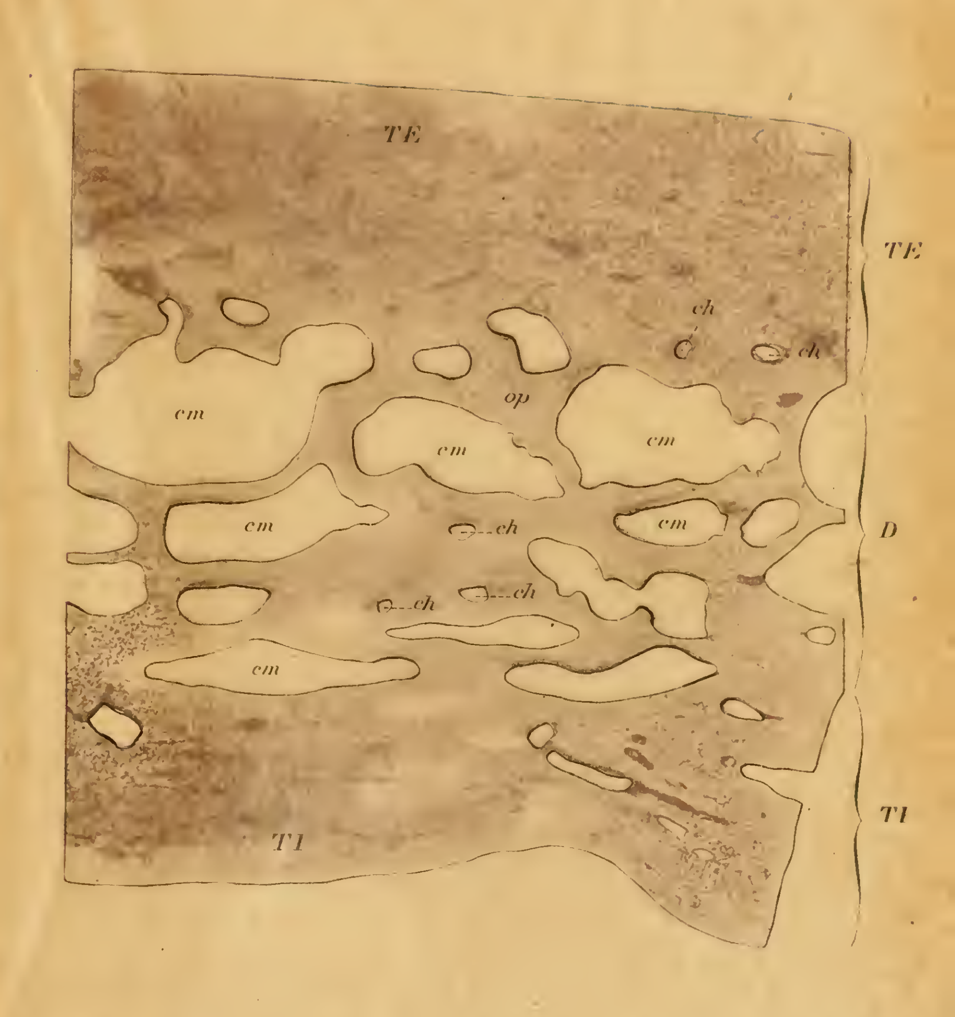
Cette préparation est destinée à montrer la constitution d'ensemble d'un os plat. Cette constitution est la même pour un os court et dans les premières phases de développement d'un os long.

On distingue trois régions: la *table externe* (TE) en dehors, la *table interne* (TI) en dedans, le *diploë* (D) entre les deux.

Le diploë est constitué par des travées osseuses formées chacune d'une série de lamelles, travées qui circonscrivent de vastes lacunes. A l'état frais, ces lacunes sont remplies de moelle osseuse et de vaisseaux sanguins. Ce sont les *cavités médullaires* (*cm*).

Les travées portent le nom de *systèmes médullaires*.

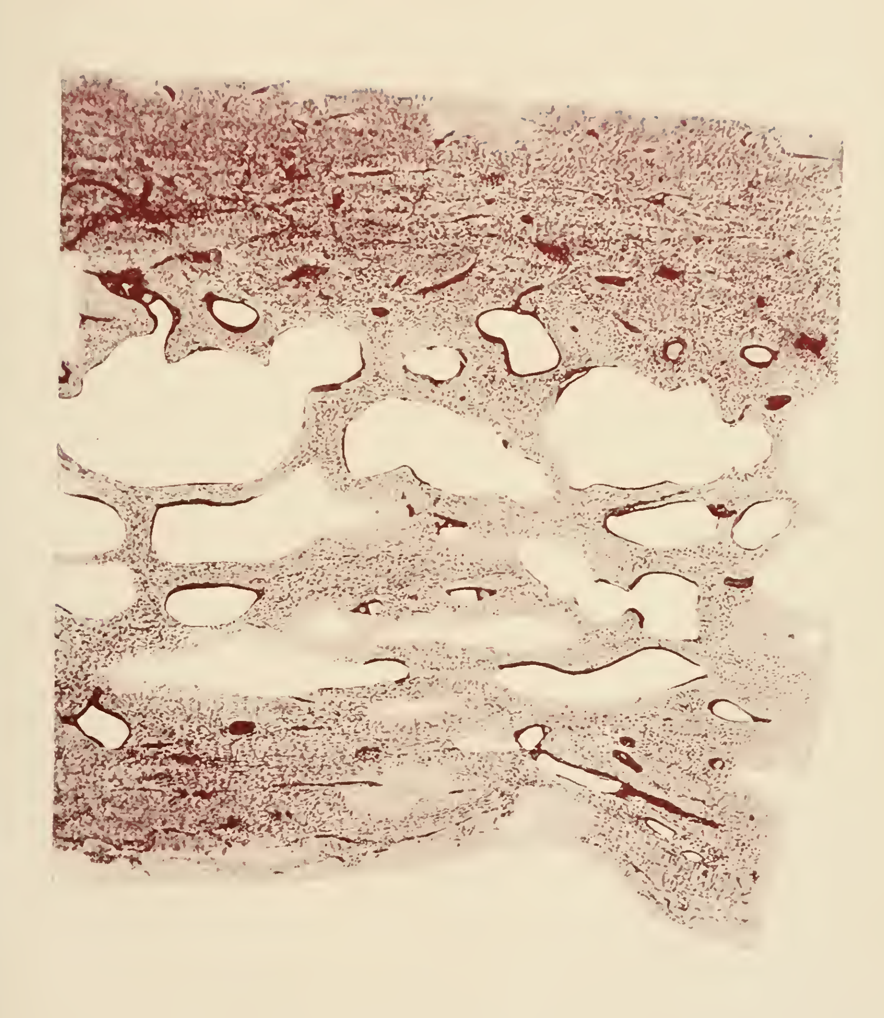
Le tissu qui forme les deux tables est plus compact. Il est percé d'une série de cavités très petites, circonscrites chacune par un système de lamelles. Les premières représentent la section des *canaux de Havers* (*ch*); les secondes les *systèmes* de Havers. On sait que les systèmes de Havers se sont constitués secondairement aux dépens des cavités médullaires primitives. Chacun des vaisseaux de ces cavités a été enveloppé de substance osseuse, produite par les ostéoblastes disposés en cylindre autour de ces vaisseaux. Les cavités médullaires ont été comblées, les systèmes de lamelles qui les limitaient ont persisté et sont devenus les *systèmes intermédiaires*, que nous verrons nettement en étudiant la préparation suivante.



3

Microphot. … | … Dubois

Georges CARRÉ et C. NAUD, Éditeurs



Prép. Et. Rabaud.
Microphot. F. Monpillard.

Grav. et Imp. Prieur et Dubois
Puteaux.

Georges CARRÉ et C. NAUD, Éditeurs



PLANCHE IV

Planche IV

COUPE TRANSVERSALE D'UN OS LONG SEC

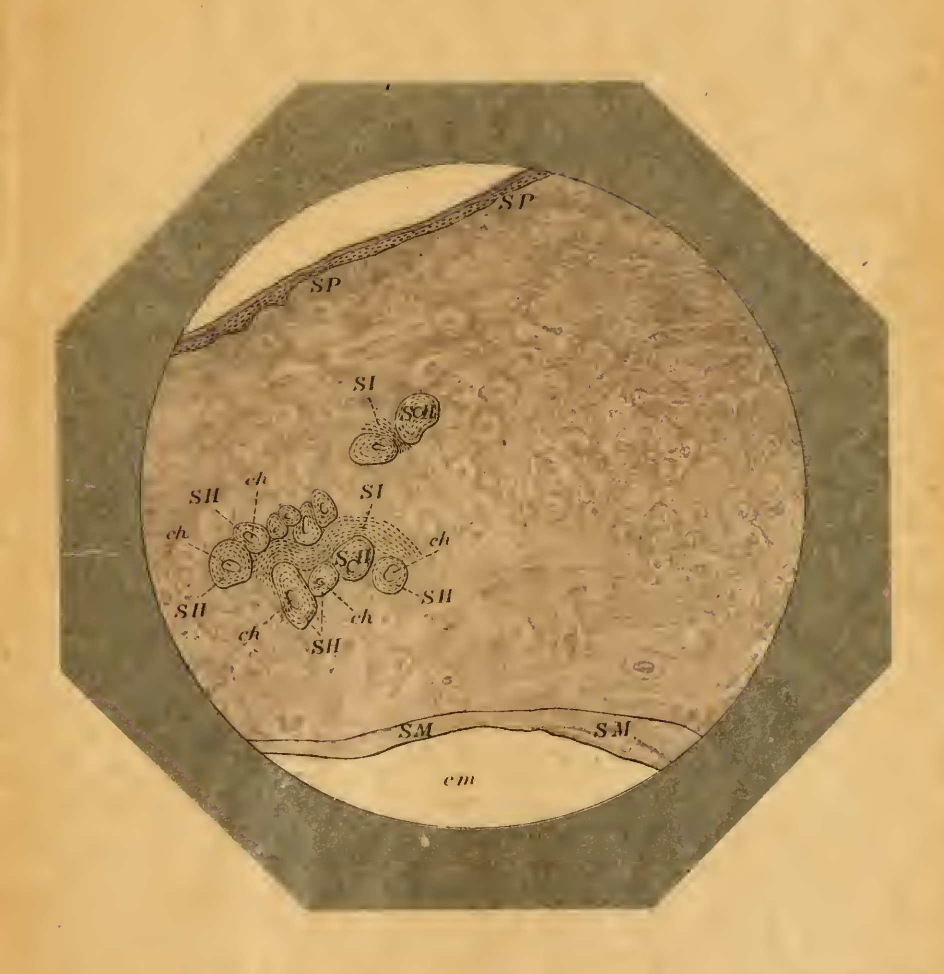
(Examinée à un faible grossissement : 25 diamètres)

La coupe *transversale* de la diaphyse d'un os long montre de très nombreux canaux de Havers entourés chacun d'un système de lamelles (SH). Ces canaux de Havers, ou plutôt les lamelles qui les circonscrivent (formant on le sait les cylindres emboîtés : v. p. 52), ne sont pas tous exactement juxtaposés. On distingue entre eux des lamelles qui décrivent des contours sinueux. Ces systèmes *intermédiaires* (SI) sont en majeure partie ce qui reste des sytèmes périmédullaires primitifs qui ont été comblés par les systèmes de Havers.

Tout à fait à la périphérie de l'os, on voit un système de lamelles qui enveloppe complètement le système de Havers. C'est le *système périphérique* (SP) formé aux dépens du périoste.

L'axe de l'os long est creusé d'une vaste cavité médullaire (cm), l'unique qui soit ; elle est limitée par le *système péri-médullaire* (SM).

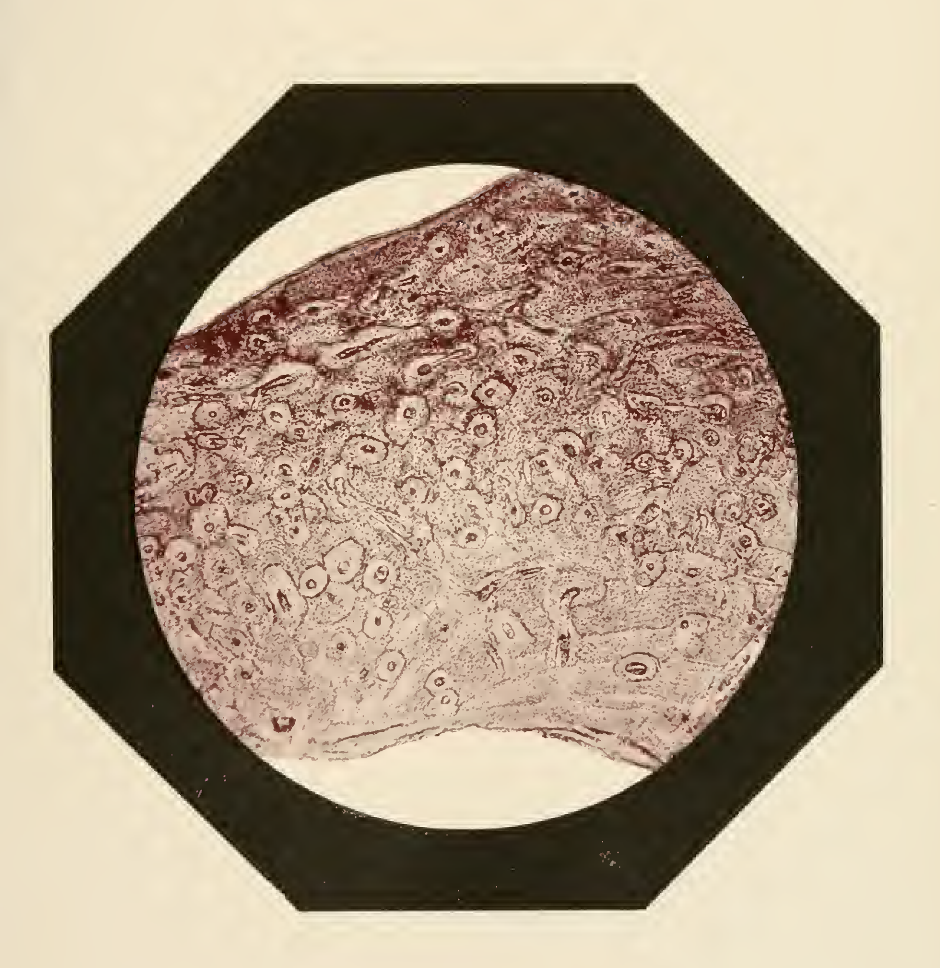
Ces diverses notions peuvent s'acquérir en examinant à un grossissement faible une coupe d'os sec : on distinguera assez facilement la ligne de séparation des diverses lamelles d'un système ; les cellules ont disparu, leur cavité, leur moule seuls existent et apparaissent en noir.



4

Georges CARRÉ et C. NAUD, Éditeurs





Prep. Et. Rabaud.
Microphot. F. Monpillard.

Grav. et Imp. Prieur et Dubois
Puteaux.

Georges CARRÉ et C. NAUD, Éditeurs

PLANCHE V

Planche V

OS LONG DÉCALCIFIÉ

(Coupe transversale)

Grossissement : 25 diamètres.

Une coupe d'os décalcifié par l'acide chlorhydrique ne permet plus de distinguer les lamelles les unes des autres. On voit seulement la section du canal de Havers entouré d'une série de cellules disposées en courbes concentriques autour de lui. Dans une telle coupe, ce sont les cellules elles-mêmes (*ob*) que l'on voit ; elles sont plongées dans une substance intercellulaire, l'osséine, entièrement débarrassée des matières minérales par l'action de l'acide chlorhydrique.

L'orientation des cellules autour des cavités de Havers (*ch*) est absolument caractéristique ; l'os décalcifié ne saurait être confondu avec le cartilage, cependant la confusion est assez fréquente.

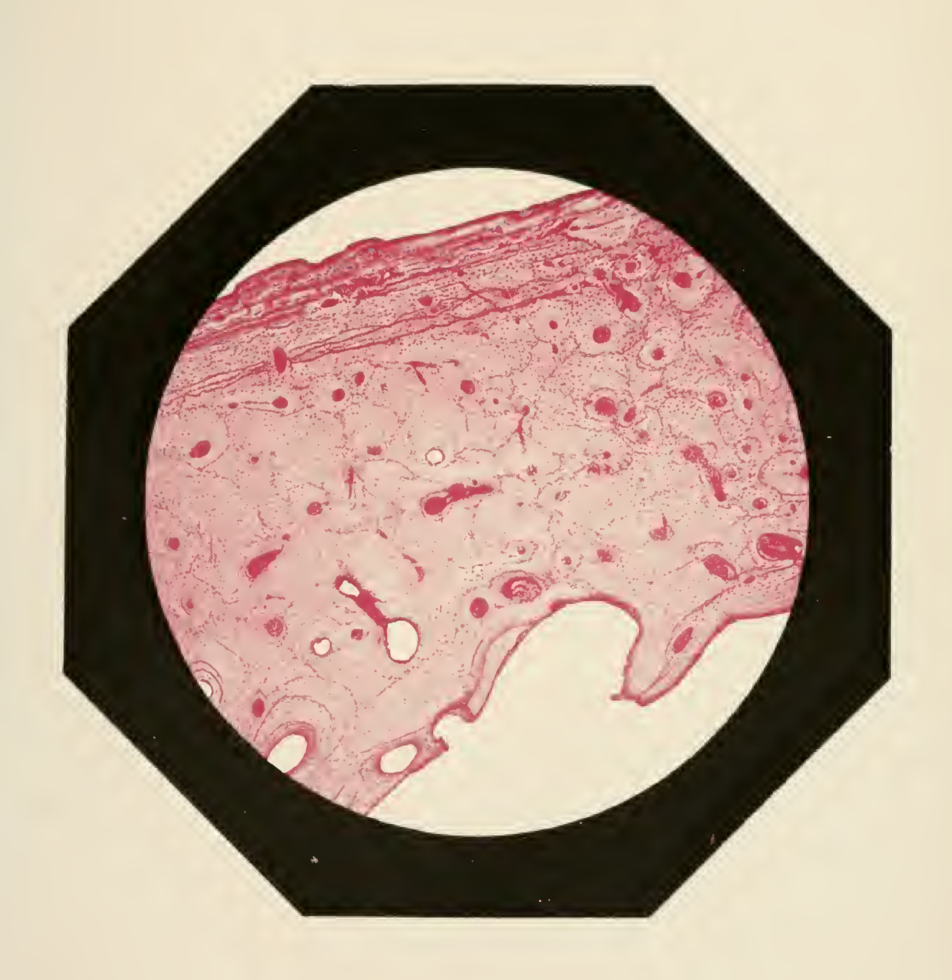
SP : système périphérique.
cm : cavité médullaire.



5

CARRÉ et C. NAUD, Éditeurs





Prép. Et. Rabaud.
Microphot. F. Monpillard.

Grav. et Imp. Prieur et Dubois
Puteaux.

Georges CARRÉ et C. NAUD, Éditeurs



PLANCHE VI

Planche VI

COUPE TRANSVERSALE D'UN OS SEC

Examinée à un fort grossissement : 120 diamètres.

A un grossissement convenable, on distingue dans l'épaisseur des lamelles osseuses, non seulement la cavité même (*ostéoplaste*) (*op*) de la cellule osseuse (*ostéoblaste*), mais encore les fins *canalicules* osseux qui vont d'une cellule à l'autre. Ces canalicules logent à l'état frais les prolongements protoplasmiques des ostéoblastes qui s'anastomosent de l'un à l'autre dans chaque système. Au contraire, les ostéoblastes d'un système sont indépendants de ceux des systèmes voisins. A cet égard, la photographie ci-contre est extrêmement nette : entre chaque cylindre osseux il y a une ligne de démarcation précise.

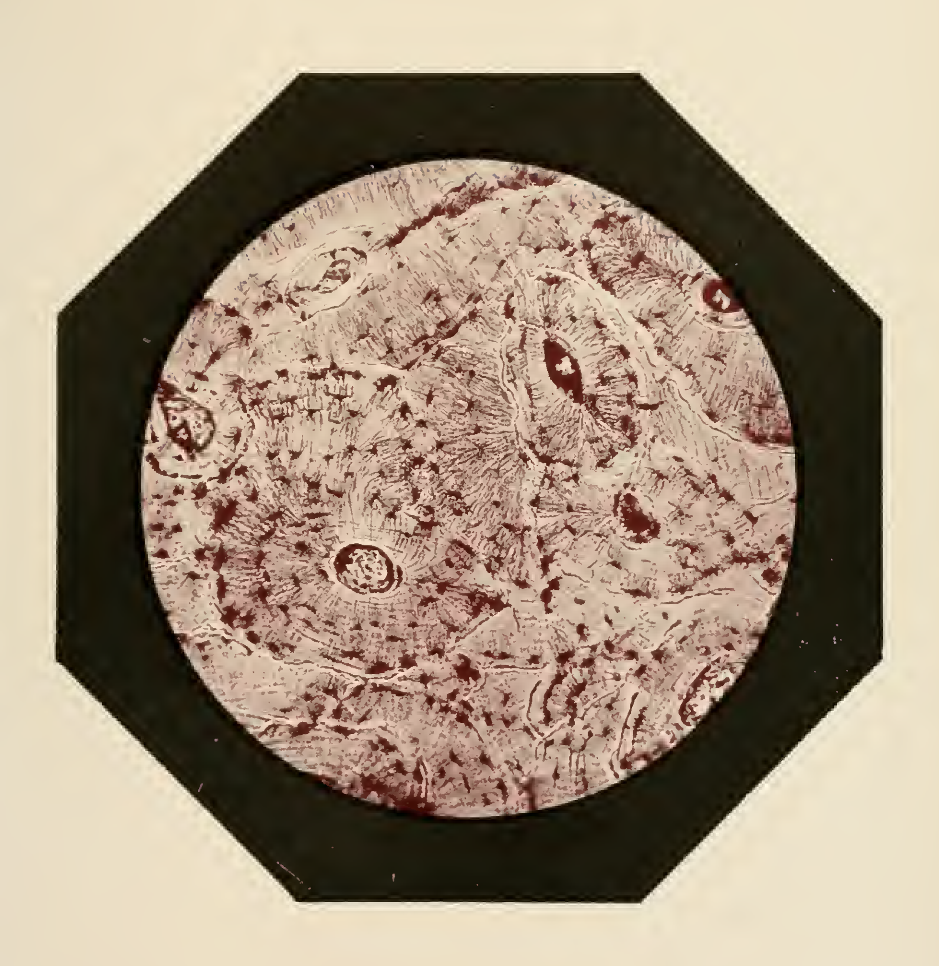
SH : système de Havers.
ch : canal de Havers.
lo : lamelle osseuse.



6

Grav. et Imp. Prieur et Dujardin
Lineaux.

Georges CARRÉ et C. NAUD, Éditeurs



Prép. Et. Rabaud.
Microphot. F. Monpillard.

Grav. et Imp. Prieur et Dubois
Puteaux.

Georges CARRÉ et C. NAUD, Éditeurs



PLANCHE VII

Planche VII

GLOBULES ROUGES DU SANG DE L'HOMME

Grossissement : 675 diamètres.

Les globules du sang de l'homme ont très exactement la forme d'un disque biconcave.

Il est facile de se rendre compte de ce fait en examinant avec attention la préparation ci-contre. On y voit en effet des globules vus par la tranche, qui ont nettement l'aspect biconcave (3 et 4). Vus sur le plat, le centre des globules apparaît en clair et les bords en sombre, quand la mise au point de l'objectif est faite sur les bords des globules (1); inversement, les bords sont en clair, le centre en sombre, quand la mise au point se fait sur le centre (2) (ce qui peut donner l'illusion qu'il existe un noyau).

Le globule rouge de l'homme, comme celui des mammifères, est entièrement dépourvu de noyau *. Chez l'homme, le diamètre du globule est de 7 μ, dimension importante à retenir à divers points de vue.

---

* Les globules rouges des mammifères, à l'encontre de ceux des autres vertébrés, ne sont probablement que des fragments de cellules — ou bien des cellules vieillies.



7

Prep. [illegible]
Microphot. [illegible]

Grav. et Imp. Prieur et Dubois
Puteaux.

Georges CARRÉ et C. NAUD, Éditeurs





Prép. Et. Rabaud.
Microphot. F. Monpillard.

Grav. et Imp. Prieur et Dubois
Puteaux.

Georges CARRÉ et C. NAUD, Éditeurs



PLANCHE VIII

Planche VIII

GLOBULES ROUGES DU SANG DE BATRACIEN

Grossissement : 675 diamètres.

Comme terme de comparaison, il est intéressant d'examiner les globules rouges d'autres vertébrés, les batraciens par exemple.

A l'encontre de ceux de l'homme et des mammifères, les globules rouges des batraciens sont elliptiques et biconvexes ; ils sont pourvus d'un noyau.

Ils ont 20 μ dans leur plus grand diamètre.

C : corps cellulaire.

n : noyau.



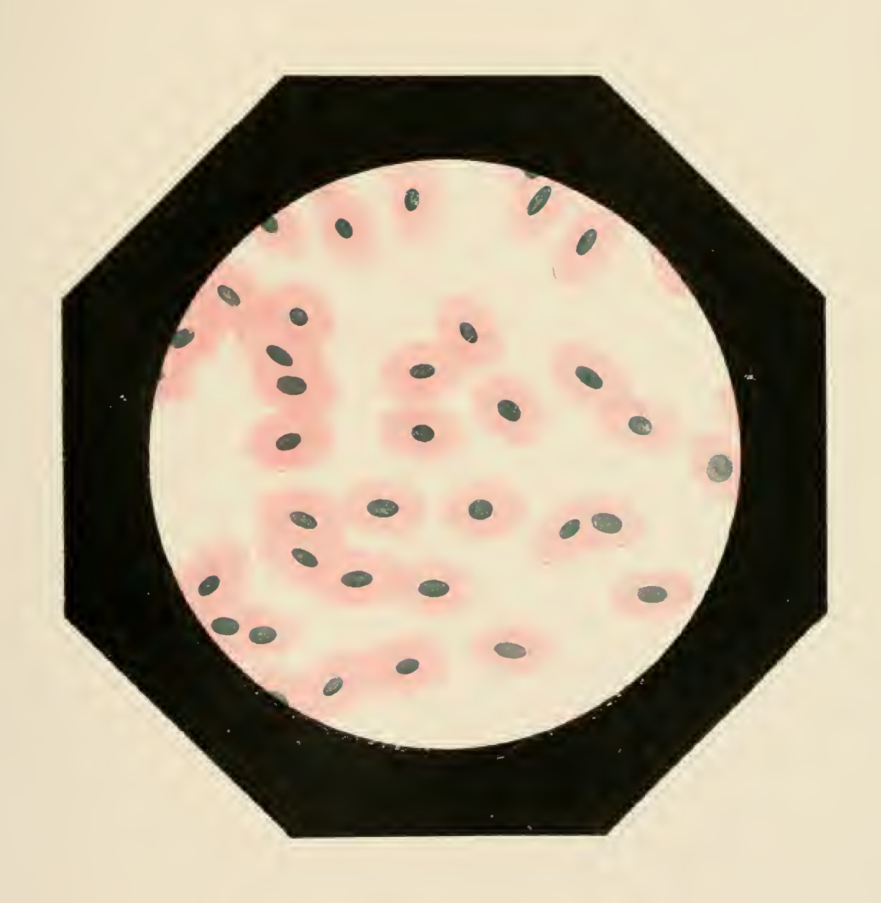
8

Grav. et Imp.

Georges CARRÉ et C. NAUD, Éditeurs



8



Prép. Et. Rabaud.
Microphot. F. Monpillard.

Grav. et Imp. Prieur et Dubois
Puteaux.

Georges CARRÉ et C. NAUD, Éditeurs

PLANCHE IX

Planche IX

FIBRES MUSCULAIRES LISSES

Grossissement : 220 diamètres.

(*V. Introduction, page* 83)

Les fibres musculaires lisses sont des éléments très allongés et fusiformes. Elles sont caractérisées par un noyau (*n*) en bâtonnet extrêmement allongé. Lorsque ces fibres sont réunies en faisceaux, ainsi que le montre la préparation, on distingue mal le contour du corps cellulaire lui-même ; mais le diagnostic de muscle lisse *s'impose* lorsque l'on est en présence de ces noyaux allongés.

Les fibres lisses s'accolent le plus souvent sans interposition de tissu conjonctif ; elles s'accolent parallèlement, de telle sorte que l'extrémité de l'une corresponde à la partie renflée de la voisine ; il en résulte que les noyaux se trouvent rangés suivant des lignes obliques, fait qui est mis en lumière par la préparation.

La partie droite de la préparation montre un faisceau de muscles lisses coupé transversalement. Ce qui, dans ces conditions, distingue à première vue ce tissu de tout autre, c'est que les sections des noyaux (*n*), n'étant pas toujours exactement transversales, ont des formes variables rarement circulaires.

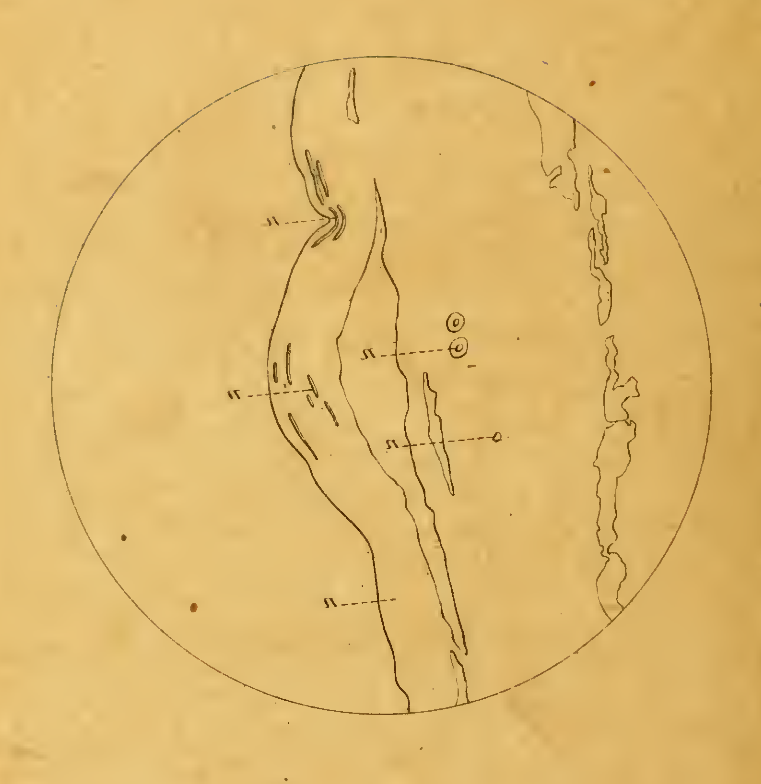
La longueur des fibres lisses est en moyenne de 45 μ, leur largeur de 6 μ.



9

Grav. et Imp. Prieur et Dubois
Puteaux.

Georges Carré et C. Naud, Éditeurs





Prép. Et. Rabaud.
Microphot. F. Monpillard.

Grav. et Imp. Prieur et Dubois
Puteaux.

Georges CARRÉ et C. NAUD, Éditeurs

PLANCHE X

Planche X

FIBRES MUSCULAIRES STRIÉES (Dissociation)

Grossissement : 200 diamètres.

(*V. Introduction, page* 83)

La préparation ci-contre donne exactement l'aspect sous lequel se présentent d'ordinaire les fibres musculaires striées dans les coupes d'organes. On ne distingue en aucune façon toutes les séries de stries que nous avons signalées ; on aperçoit une simple différenciation (*st*) en disques clairs et disques obscurs.

Dans le protoplasma non différencié qui enveloppe la fibre, le *myolemme*, se trouvent les noyaux (*n*). Cependant, il est des fibres à *noyaux épars* situés un peu partout dans l'épaisseur de l'élément. Chez l'homme, ces fibres sont mêlées aux autres; chez d'autres animaux, tels que les rongeurs, les fibres à noyaux périphériques forment les *muscles blancs*, les fibres à noyaux épars les *muscles rouges*.

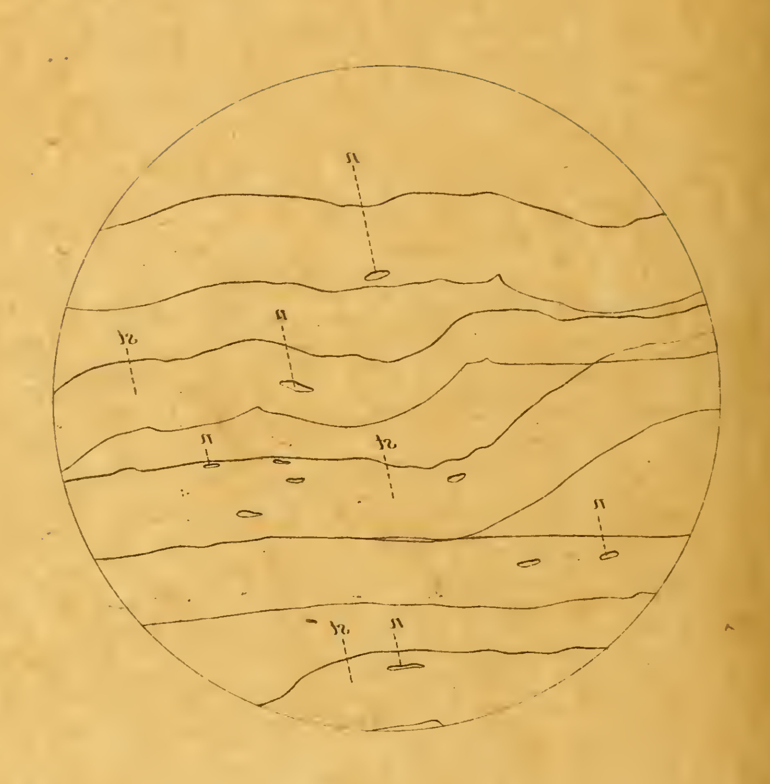


10

Prép. ... Microph. ...

Grav. et Imp. Prieur et Dubois
Puteaux.

Georges Carré et C. Naud, Éditeurs





Prép. Et. Rabaud.
Microphot. F. Monpillard.

Grav. et Imp. Prieur et Dubois
Puteaux.

Georges CARRÉ et C. NAUD, Éditeurs

PLANCHE XI

Planche XI

FIBRES MUSCULAIRES STRIÉES

(Coupe transversale)

Grossissement : 95 diamètres.

Les fibres striées sont réunies en faisceaux de divers ordres par l'intermédiaire du tissu conjonctif (*tc*). La coupe transversale ci-contre montre deux ordres de faisceaux.

Les faisceaux de premier ordre (faisceaux secondaires des classiques) (1) forment des champs relativement peu étendus, limités par des cloisons conjonctives. Dans ces champs, les fibres réunies par une mince couche de tissu conjonctif (faisceaux de fibrilles sans fibres élastiques) paraissent directement accolées l'une à l'autre. Elles prennent la forme polyédrique par pression réciproque.

Plusieurs de ces faisceaux de premier ordre sont à leur tour enveloppés pour constituer des faisceaux de deuxième ordre (faisceaux tertiaires des classiques). Les cloisons conjonctives qui délimitent ces faisceaux sont très épaisses et renferment des troncs vasculaires et nerveux importants que l'on voit sur les préparations. Ces cloisons aboutissent à une enveloppe générale externe qui est l'*aponévrose* du muscle.

L'aponévrose prend aussi le nom de *périmysium externe*, l'ensemble du tissu conjonctif intra musculaire étant le *périmysium interne*.

tc : cloisons conjonctives.
f : section transversale des fibres.
v : vaisseaux.

---

(1) La constitution fibrillaire de la fibre musculaire a valu à cette fibre le nom de *faisceau primaire*. Mais la fibrille musculaire étant un fragment de fibre, c'est-à-dire de cellule, ce groupement n'est pas du même ordre que la fasciculation qui nous occupe ici.



11

Grav. et Imp. [illegible]

Georges CARRÉ et C. NAUD Éditeurs



II



Prép. Et. Rabaud.
Microphot. F. Monpillard.

Grav. et Imp. Prieur et Dubois
Puteaux.

Georges CARRÉ et C. NAUD, Éditeurs



PLANCHE XII

Planche XII

RÉSEAU CAPILLAIRE DU MUSCLE STRIÉ

(Injection)

Grossissement : 65 diamètres.

Le réseau capillaire (*rc*) des muscles striés s'épanouit entre les fibres. Les vaisseaux courent donc parallèlement les uns aux autres. De distance en distance, ils s'envoient des anastomoses ; l'ensemble forme un réseau d'aspect scalariforme.



12

Imp. Prieur et Dubois
Puteaux.

Georges CARRÉ et C. NAUD, Éditeurs



Prép. Et. Rabaud.
Microphot. F. Monpillard.

Grav. et Imp. Prieur et Dubois
Puteaux.

Georges CARRÉ et C. NAUD, Éditeurs



PLANCHE XIII

Planche XIII

FIBRES MUSCULAIRES CARDIAQUES

Grossissement : 275 diamètres.

(*V. Introduction, page* 85)

Les fibres musculaires cardiaques sont formées par la mise bout à bout d'une série de cellules nettement limitées. Ces cellules, dépourvues du myolemme, sont peu allongées, leur noyau *central* (*n*) est un court bâtonnet. Elles présentent une striation transversale (*s*) d'ailleurs assez semblable à celle de la fibre striée proprement dite. Ces cellules se bifurquent parfois et la préparation en montre des exemples.

Le mode de fasciculation des fibres, qui n'a pu être représenté ici, est très particulier : elles s'anastomosent et s'entre-croisent dans tous les sens, au lieu de former des faisceaux parallèles. Elles constituent ainsi un réseau à mailles allongées et étroites.

Les traits qui marquent la ligne de séparation des cellules ont reçu le nom de traits *scalariformes d'Eberth*.

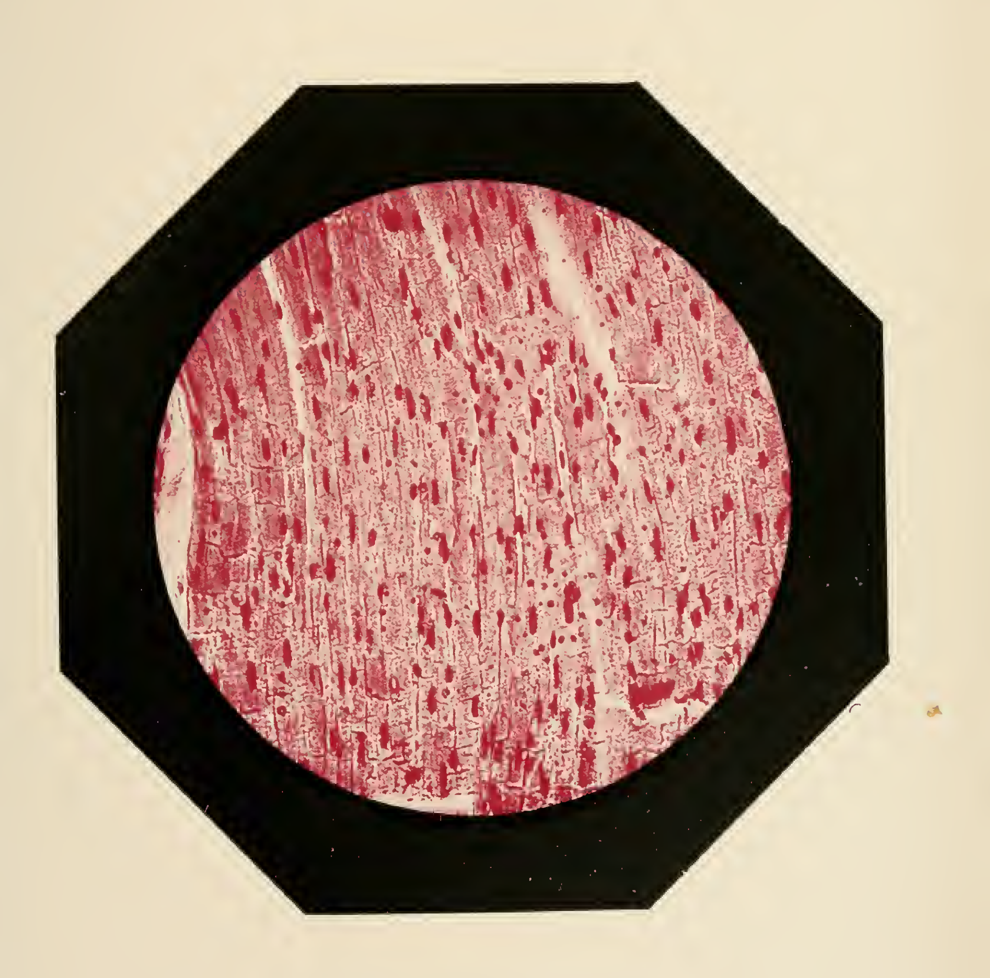


13

Prép. [illegible]
Microphot. F. [illegible]

Grav. et Imp. [illegible]
Puteaux.

Georges CARRÉ et C. NAUD, Éditeurs



Prep. Et. Rabaud.
Microphot. F. Monpillard.

Grav et Imp. Prieur et Dubois
Puteaux.

Georges CARRÉ et C. NAUD, Éditeurs



PLANCHE XIV

Planche XIV

FIBRES NERVEUSES (Dissociation)

Grossissement : 140 diamètres.

(*V. Introduction, page* 71)

Sur la préparation (sciatique de grenouille) ci-contre on peut voir les détails les plus importants de la constitution des fibres nerveuses :

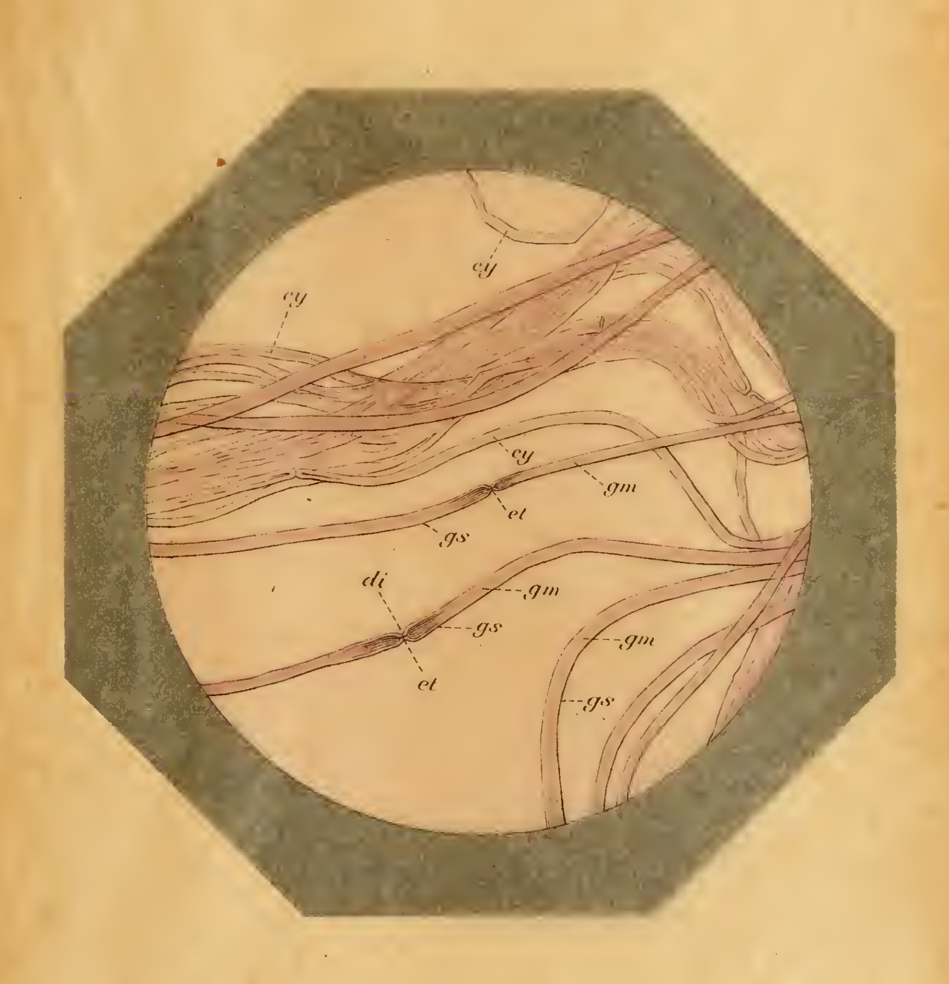
L'étranglement (*et*) qui sépare deux cellules à myéline, ou étranglement de Ranvier, ainsi que la cloison (*di*) sous forme de ligne noire.

La gaine de myéline (*gm*) elle-même colorée en noir par l'acide osmique.

La gaine de Schwann (*gs*) extrêmement nette.

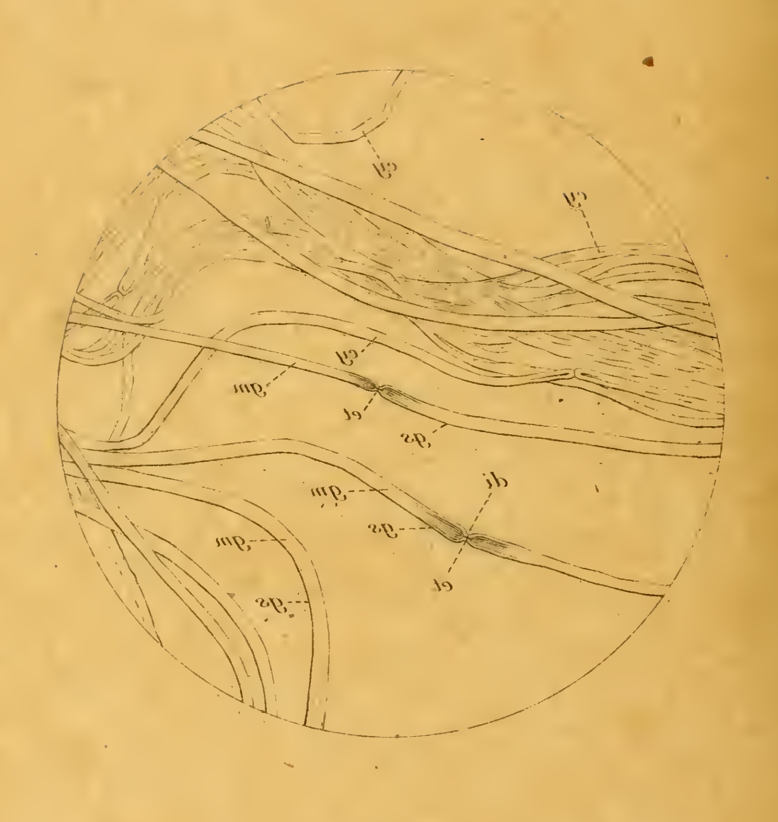
Quant au cylindre axe (*cy*), il est masqué par la myéline, mais on l'aperçoit dans l'étranglement même.

On ne voit pas de noyaux.



14

Georges CARRÉ et C. NAUD, Éditeurs





Prép. Et. Rabaud.
Microphot. F. Monpillard.

Grav. et Imp. Prieur et Dubois
Puteaux.

Georges CARRÉ et C. NAUD, Éditeurs



PLANCHE XV

Planche XV

FIBRES NERVEUSES

(Coupe transversale)

Grossissement : 210 diamètres.

Sur une coupe transversale (nerf humain), les fibres apparaissent fasciculées par du tissu conjonctif. Chaque fibre (*fn*) présente le cylindre-axe (*cy*) en noir, enveloppé de myéline (*mg*) incolore, bien limitée par la gaine de Schwann. L'ensemble peut en imposer pour une cellule, surtout si la coupe est exactement perpendiculaire. Mais il est rare qu'il en soit ainsi pour toutes les fibres d'une même coupe. En particulier sur la préparation ci-contre, il est des fibres coupées un peu obliquement : le cylindre-axe est un peu allongé ; ce seul fait permet d'éviter l'erreur. D'ailleurs, l'aspect général de la coupe est caractéristique.



15

Tr[illegible]
Microphot [illegible]

Grav. et Imp. Prieur et Dubois
Puteaux

Georges CARRÉ et C. NAUD, Éditeurs





Prép. Et. Rabaud.
Microphot. F. Monpillard.

Grav. et Imp. Prieur et Dubois
Puteaux.

Georges CARRÉ et C. NAUD, Éditeurs



PLANCHE XVI

Planche XVI

ENDOTHÉLIUM

Grossissement : 170 diamètres.

L'action du nitrate d'argent sur la surface endothéliale d'une séreuse met nettement en relief le contour des cellules extrêmement aplaties qui revêtent cette séreuse. Le sel d'argent se dépose sur le ciment intercellulaire (*cim*) et noircit à la lumière.

C : cellules.



16

Grav. et Imp. PRIEUR ET DUBOIS
Puteaux.

GEORGES CARRÉ ET C. NAUD, ÉDITEURS





Prép. Et. Rabaud.
Microphot. F. Monpillard.

Grav. et Imp. Prieur et Dubois
Puteaux.

Georges CARRÉ et C. NAUD, Éditeurs



PLANCHE XVII

PLANCHE XVII

CELLULES A CILS VIBRATILES

Grossissement : 115 diamètres.

(*V. Introduction, page* 59)

La préparation XVII est la coupe d'un épithélium (*ep*) stratifié reposant sur un derme (*d*). L'assise la plus externe de cet épithélium est constituée par de longues cellules à cils vibratiles. Ce sont des éléments allongés (*c*) dont la face libre est munie d'un *plateau* (*p*) qui apparaît sur la coupe sous forme d'une ligne très accusée. Au-dessus du plateau s'épanouit un panache de cils vibratiles (*cv*), c'est-à-dire de prolongements protoplasmiques, faisant partie intégrante du corps cellulaire et traversant le plateau pour venir se mouvoir librement.

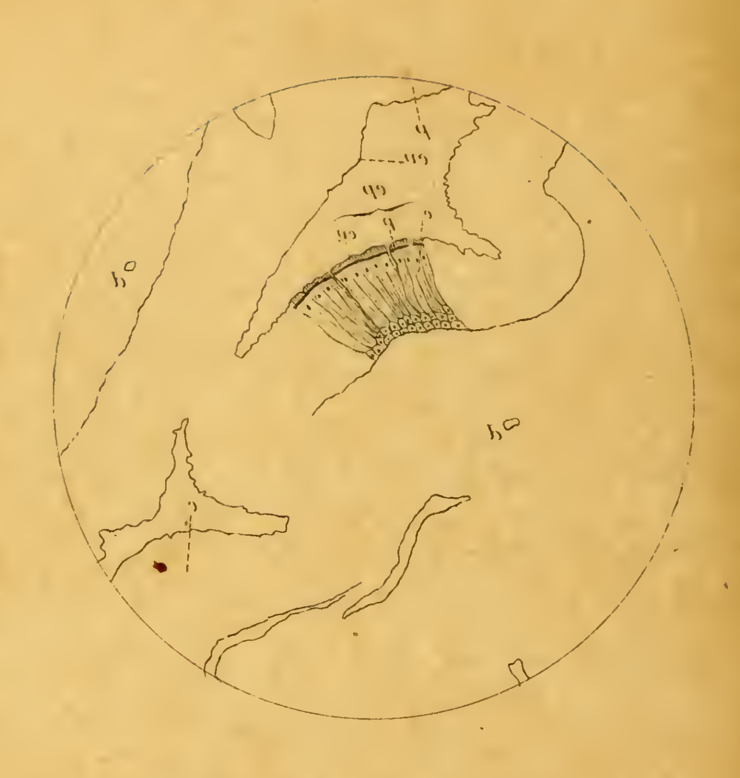


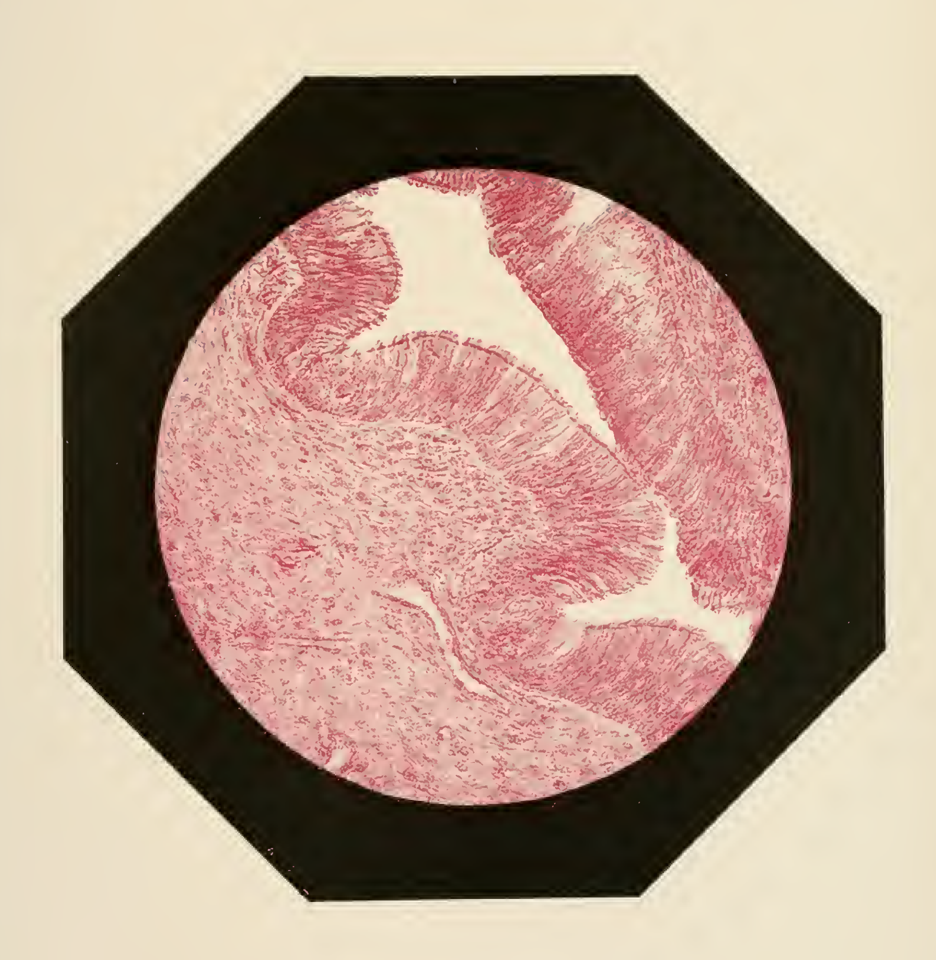
17

Microph. ... Monpillard.

Grav. et Imp. Prieur et Dubois
Puteaux.

Georges CARRÉ et C. NAUD, Éditeurs





Prép. Et. Rabaud.
Microphot. F. Monpillard.

Grav. et Imp. Prieur et Dubois
Puteaux.

Georges CARRÉ et C. NAUD, Éditeurs



PLANCHE XVIII

Planche XVIII

CELLULES PIGMENTÉES

Épithélium pigmenté de la rétine.

Grossissement : 350 diamètres.

Ce sont des cellules vaguement polyédriques, à base hexagonale, chargées de pigment noir (voir introd., p. 55).

C : cellules.



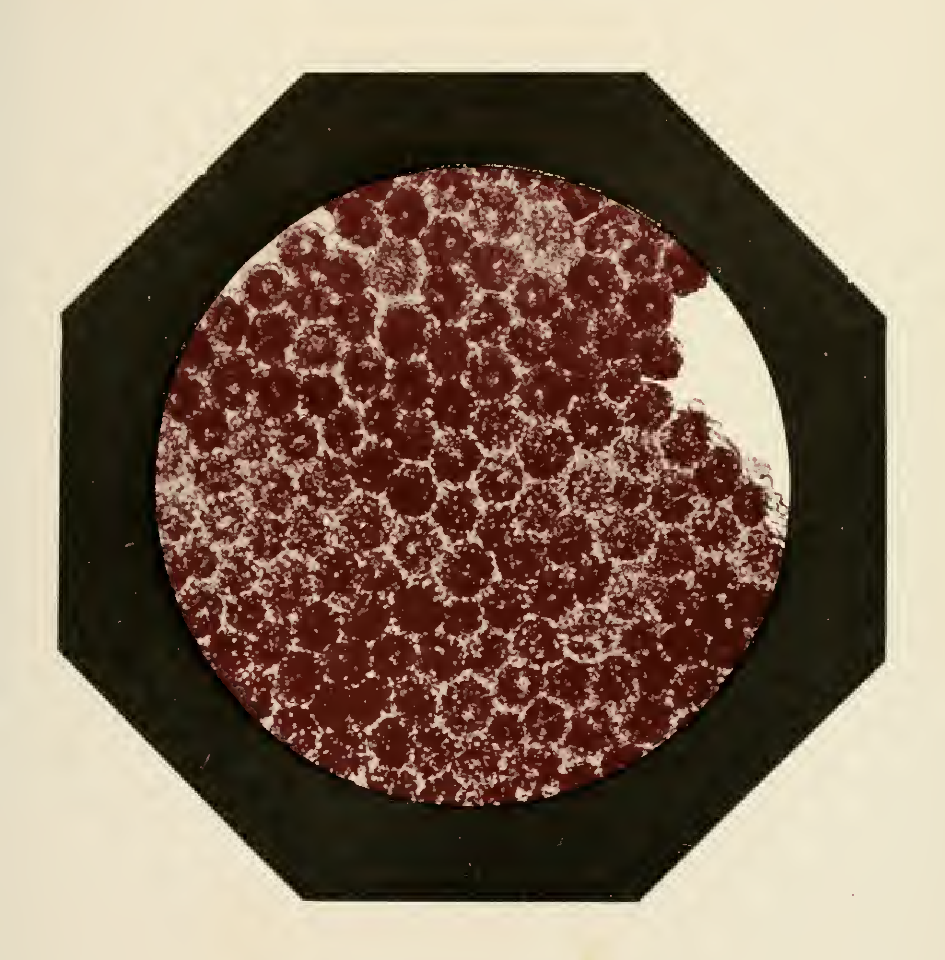
18

Prep. [illegible]
Microphot [illegible]

[illegible] Pilate et Dubois
Poitiers.

Georges CARRÉ et C. NAUD, Éditeurs





Prép. Et. Rabaud.
Microphot. F. Monpillard.

Grav. et Imp. Prieur et Dubois
Puteaux.

Georges CARRÉ et C. NAUD, Éditeurs

II

ORGANES

PLANCHE XIX



Planche XIX

COUPE TRANSVERSALE D'UNE ARTÈRE MUSCULAIRE (fémorale du chien)

Grossissement : 140 diamètres.

La structure des artères varie suivant leur calibre. Les plus petites, ou artérioles, sont caractérisées par des parois purement musculaires — les plus grosses possèdent très peu de fibres lisses mais une épaisse formation élastique. Entre les deux extrêmes existe une série de transitions. La préparation que nous donnons ici représente un type moyen ; les trois tuniques caractéristiques de toute artère s'y retrouvent nettement. Elle appartient au *type musculaire*, c'est-à-dire que sa tunique moyenne (*tm*) est surtout constituée par des fibres musculaires lisses ; on aperçoit sur la coupe les noyaux allongés caractéristiques. Ces fibres sont enserrées dans un léger réseau de fibres élastiques que l'on aperçoit sous forme de traînées claires.

Ce réseau élastique se termine vers la lumière du vaisseau par une membrane de même nature bien visible sur la coupe : la *limitante interne* (*li*). Sur cette limitante repose l'*endothélium* (*end*) qui forme la tunique interne.

Quant à la tunique externe (*tx*), qui a des limites très précises du côté de la tunique moyenne, elle est formée de tissu conjonctif renfermant d'épaisses fibres élastiques disposées en assises ondulées. Ces fibres sont particulièrement abondantes au contact de la tunique musculaire ; elles se raréfient au fur et à mesure que l'on se rapproche de la surface extérieure de l'artère où la tunique externe se continue sans ligne de démarcation très nette avec le tissu conjonctif lâche péri-vasculaire (*tr*).

Il est bon d'ajouter que le tissu élastique de la tunique externe se continue avec celui de la tunique moyenne, de sorte que la paroi artérielle dans son ensemble a pour charpente un réseau élastique.



19

Prép. Fr. [illegible]
Microphot. L. [illegible]

Grav. et [illegible]
[illegible]

GEORGES CARRÉ ET C. NAUD, ÉDITEURS



Prép. Et. Rabaud.
Microphot. F. Monpillard.

Grav. et Imp. Prieur et Dubois
Puteaux.

Georges CARRÉ et C. NAUD, Éditeurs

PLANCHE XX

Planche XX

MOELLE ÉPINIÈRE DE L'HOMME : RÉGION LOMBAIRE (Coupe transversale)

Grossissement : 15 diamètres.

Dans toute la hauteur de la moelle épinière, la substance blanche (fibres à myéline) est périphérique, la substance grise, centrale. Celle-ci affecte la forme d'un H majuscule ; les deux demi-branches latérales antérieures sont les *cornes antérieures* (CA), les deux demi-branches postérieures, les *cornes postérieures* (CP). La branche d'union porte le nom de *commissure grise* (*cog*). La substance blanche (FA, FL, FP) est divisée en deux moitiés égales par deux sillons situés dans le prolongement l'un de l'autre : le sillon antérieur (SA), large, qui se termine sans atteindre la commissure grise ; le sillon postérieur (SP), très étroit, qui s'arrête à la commissure grise.

Le pont de substance blanche qui sépare le fond du sillon antérieur de la commissure grise porte le nom de *commissure blanche* (*cob*).

La forme des cornes antérieures et postérieures varie suivant les étages de la moelle.

A la région lombaire, les cornes antérieures, à peu près quadrilatères, occupent une large surface ; les cornes postérieures sont courtes et épaisses, leur tiers inférieur est occupé par la *substance de Rolando* (SR), qui apparaît en clair. A la base de ces cornes postérieures existe un groupe cellulaire très accusé auquel on voit aboutir des fibres nerveuses. Dans les cornes antérieures on distingue également un très grand nombre de cellules, sous forme de taches blanches.

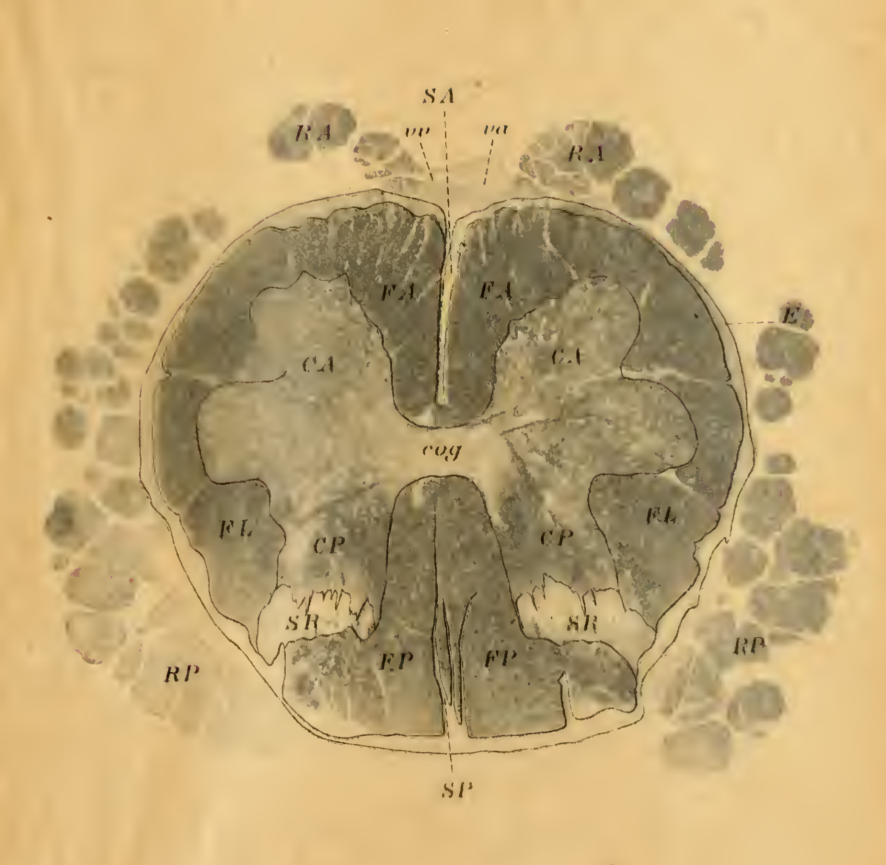
Le canal de l'épendyme situé au centre de la commissure grise est mal accusé.

Tout autour de la moelle se trouve la pie-mère (E) ; elle renferme dans son épaisseur des vaisseaux sanguins (*vv* et *va*) (antérieurs et postérieurs); elle s'insinue dans le sillon antérieur.

Enfin la préparation montre encore la coupe transversale d'un certain nombre de racines antérieures (RA) et postérieures (RP).

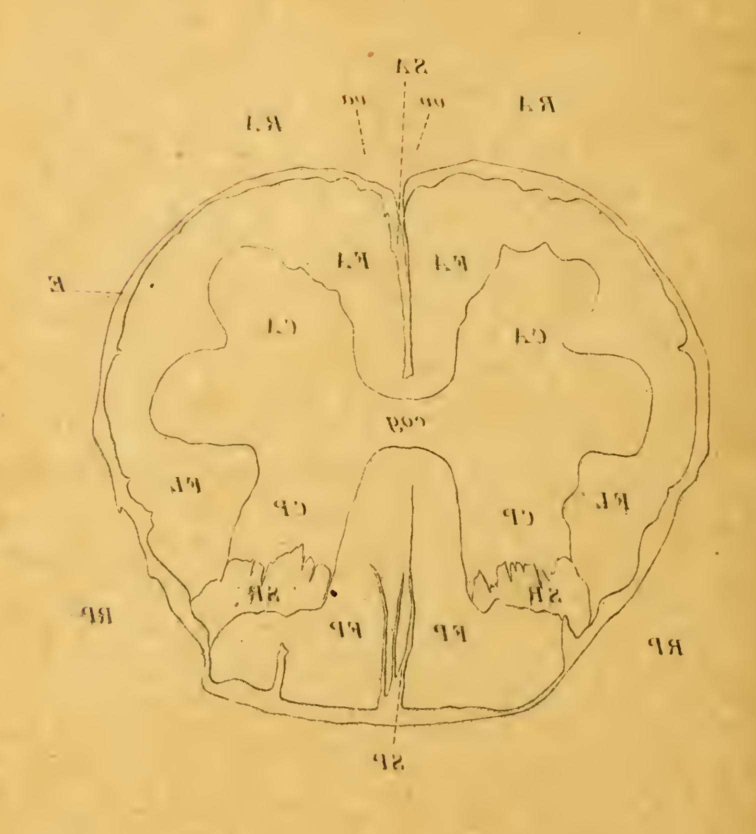
L'ensemble de la moelle est allongé dans le sens antéropostérieur.

FA : faisceaux antérieurs de la substance blanche.
FL : » latéraux.
FP : » postérieurs.



20

Georges CARRÉ et C. NAUD, Éditeurs





Prép. Et. Rabaud.
Microphot. F. Monpillard.

Grav. et Imp. Prieur et Dubois
Puteaux.

Georges CARRÉ et C. NAUD, Éditeurs



PLANCHE XXI

Planche XXI

MOELLE ÉPINIÈRE DE L'HOMME : RÉGION DORSALE

(Coupe transversale)

Grossissement : 15 diamètres.

Les cornes antérieures sont courtes et étroites, elles présentent une éminence latérale triangulaire, caractéristique de la région cervicale : la *corne latérale* (CL).

Les cornes postérieures sont longues et minces. Le sillon antérieur répond à la formule « large et peu profond » ; le sillon postérieur, à peine visible, est au contraire « étroit mais profond ».

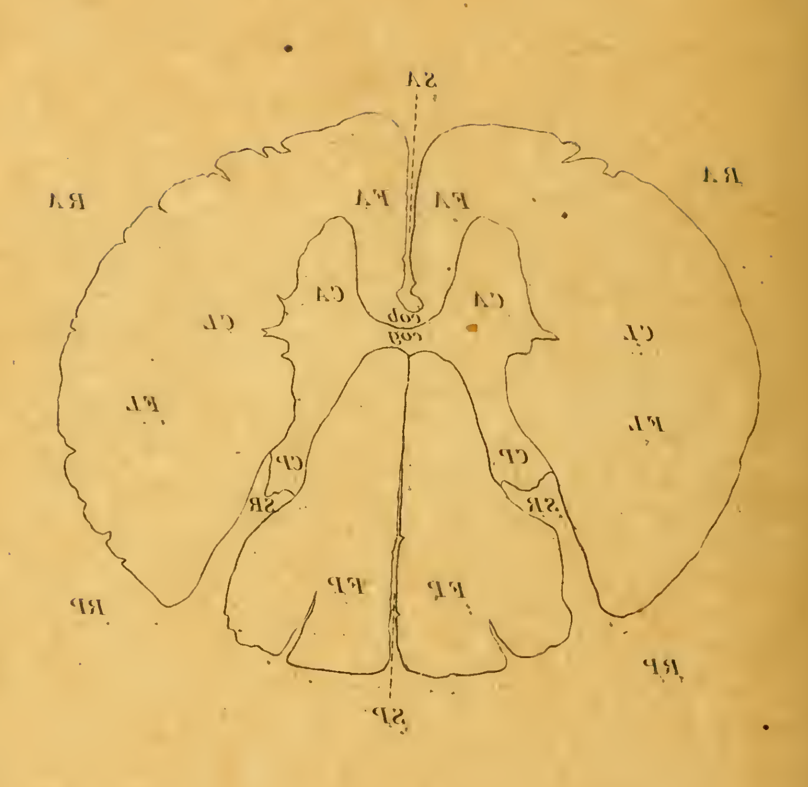
L'ensemble de la moelle est à peu près circulaire.

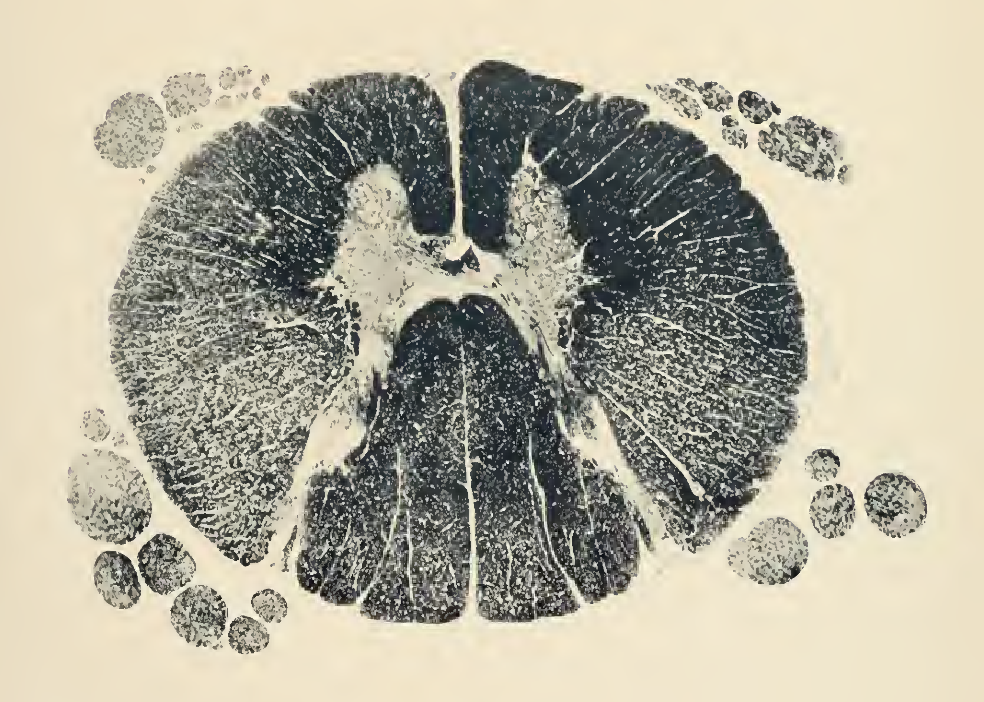
(Mêmes lettres qu'à la Pl. XX)



21

Georges Carré et C. Naud, Éditeurs





Prép. Et. Rabaud.
Microphot. F. Monpillard.

Grav. et Imp. Prieur et Dubois
Puteaux.

Georges CARRÉ et C. NAUD, Éditeurs

PLANCHE XXII

Planche XXII

MOELLE ÉPINIÈRE DE L'HOMME : RÉGION CERVICALE

(Coupe transversale)

Grossissement : 15 diamètres.

Les cornes antérieures ont la forme d'un triangle dont la base regarde la ligne des sillons et le sommet se dirige en dehors (à droite ou à gauche).

Les cornes postérieures ont la forme d'un triangle isocèle à base étroite regardant en avant, à sommet regardant en arrière.

La forme générale de la moelle cervicale est l'inverse de celle de la moelle lombaire ; celle-ci est allongée dans le sens antéro-postérieur, la moelle cervicale au contraire est allongée transversalement.

Dans la préparation ci-contre le canal de l'épendyme (*ep*) est bien marqué.

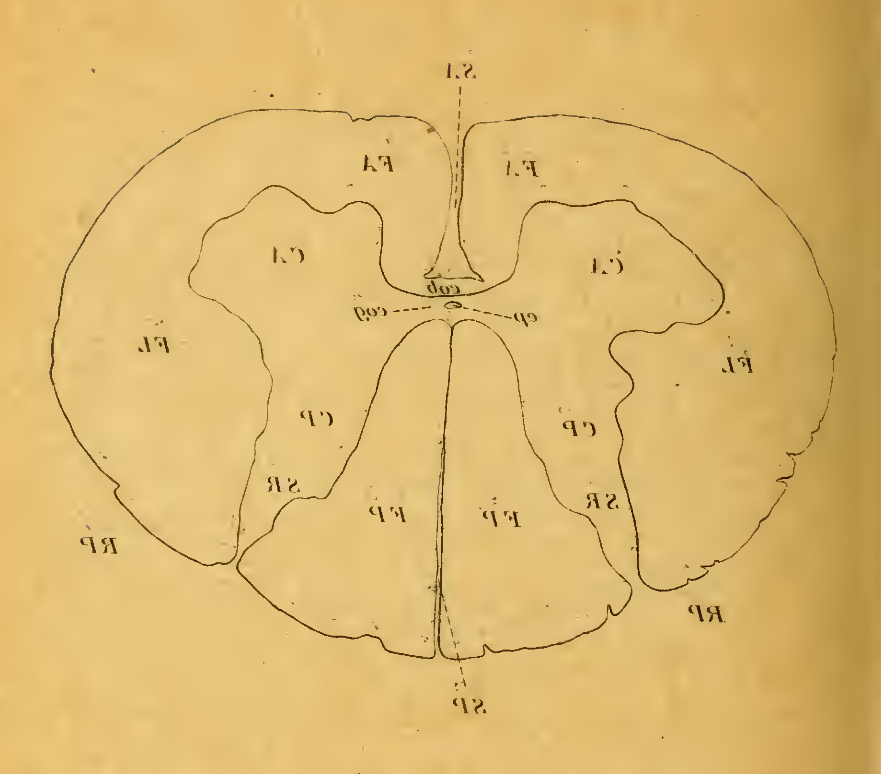
(Mêmes lettres qu'à la Pl. XX)



22

Microphot.

GEORGES CARRÉ ET C. NAUD, EDITEURS





Prép. Et. Rabaud.
Microphot. F. Monpillard.

Grav. et Imp. Prieur et Dubois
Puteaux.

Georges CARRÉ et C. NAUD, Éditeurs



PLANCHE XXIII

Planche XXIII

COUPE TRANSVERSALE DE LA MOELLE ÉPINIÈRE DE L'HOMME

(Destinée à montrer le *faisceau pyramidal croisé*)

Grossissement : 15 diamètres.

Par divers procédés — méthode embryologique, méthode de dégénérescence secondaire — on a pu délimiter dans la substance blanche de la moelle un certain nombre de zones renfermant des fibres à fonction déterminée.

En particulier dans le cordon latéral, on a décrit le *faisceau pyramidal croisé* (FPC), qui occupe l'angle des cornes et a la forme d'un triangle équilatéral. Il renferme les fibres issues des neurones moteurs cérébraux.

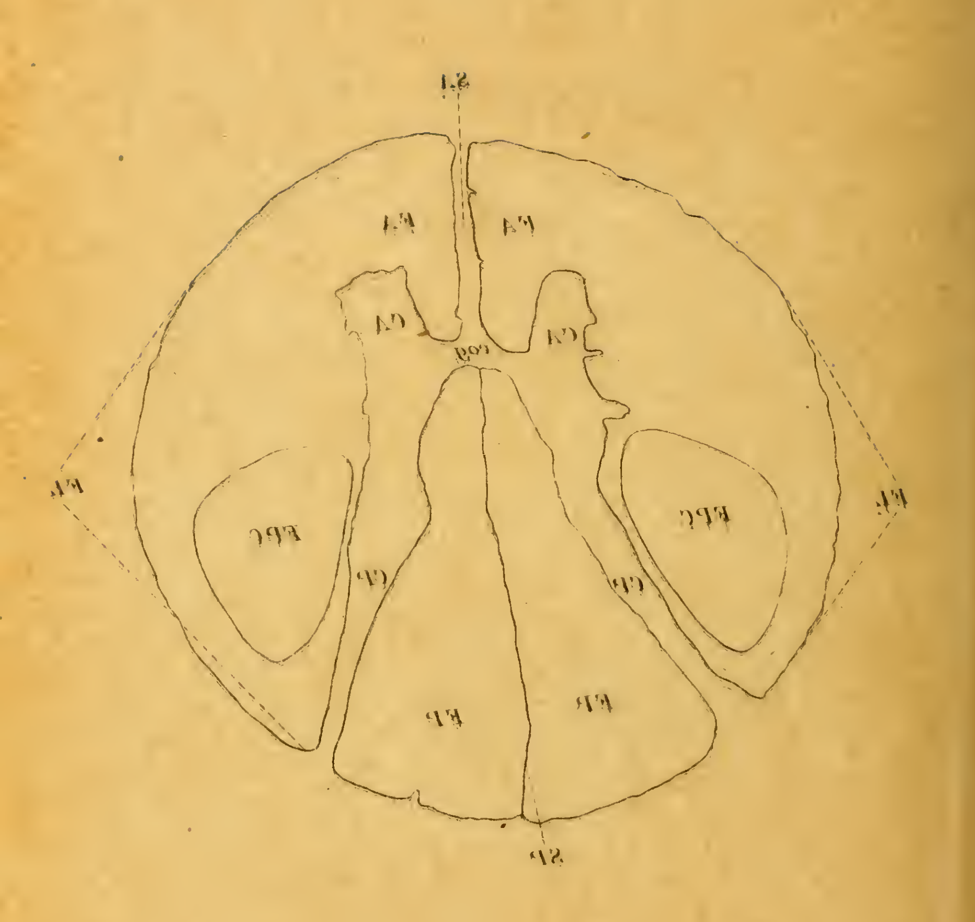
La préparation ci-contre montre ce faisceau, résultant d'une dégénérescence secondaire dans un cas pathologique. Il tranche en clair sur le reste de la substance blanche, car au contraire les zones saines, les zones dégénérées, ne s'imprègnent pas d'hématoxyline dans le procédé de Weigert-Pal.

(Mêmes lettres qu'à la Pl. XX)



23

Georges CARRÉ et C. NAUD, Éditeurs





Prép. Et. Rabaud.
Microphot. F. Monpillard.

Grav. et Imp. Prieur et Dubois
Puteaux.

Georges CARRÉ et C. NAUD, Éditeurs



PLANCHE XXIV

Planche XXIV

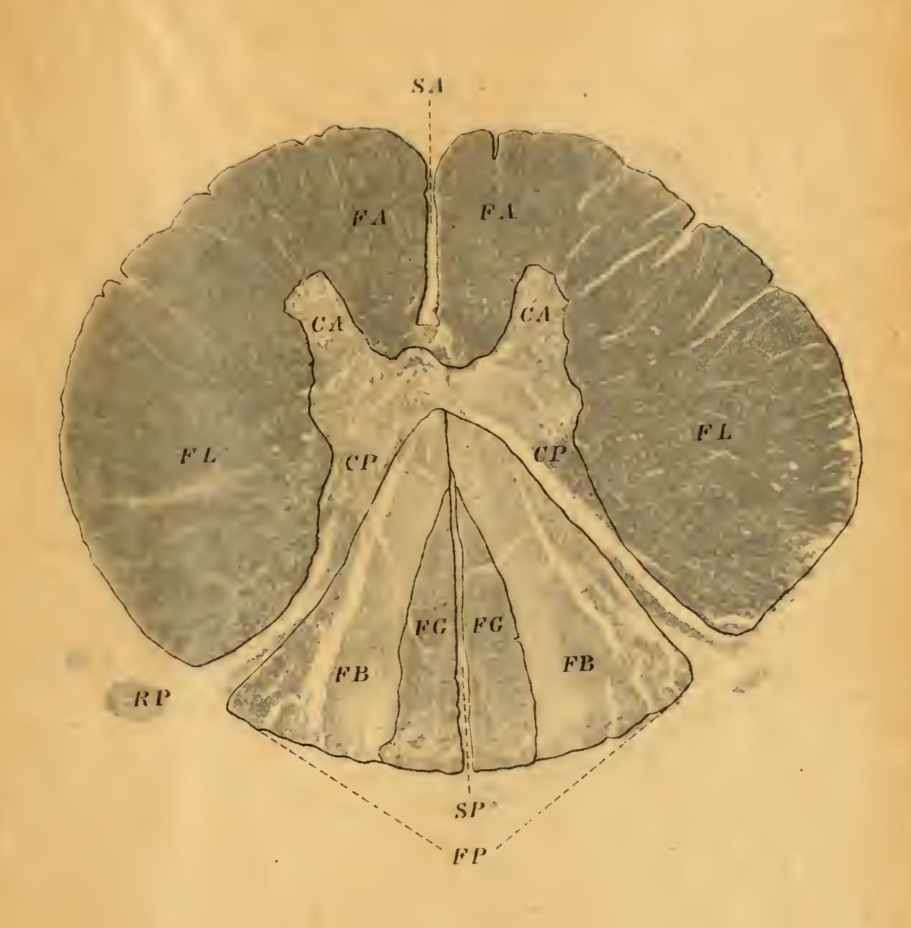
COUPE TRANSVERSALE DE LA MOELLE ÉPINIÈRE DE L'HOMME

(Destinée à montrer le *faisceau de Goll*)

Grossissement : 15 diamètres.

De même, dans le cordon postérieur, on a délimité deux faisceaux : l'un interne, faisceau de Goll (FG) — l'autre externe ou faisceau Burdach (FB). L'un et l'autre renferment les fibres venues des racines postérieures ; le cordon de Goll renferme les fibres qui ont pénétré dans les régions lombaire et dorso-lombaire, le cordon de Burdach celles qui ont pénétré au-dessus. La moelle pathologique représentée ci-contre nous montre la dégénérescence des fibres du faisceau de Burdach et l'intégrité de celles du faisceau de Goll.

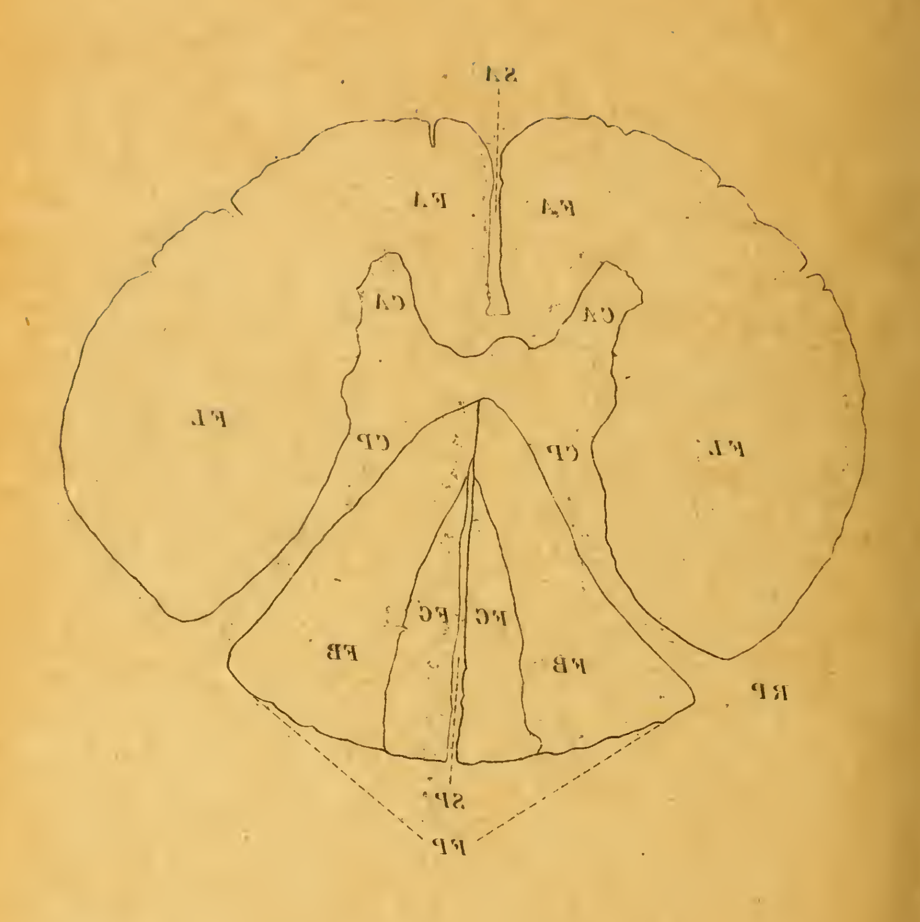
(Pour les autres lettres, v. Pl. XX)



24

Puteaux.

Georges CARRÉ et C. NAUD, Éditeurs





Prép. Et. Rabaud.
Microphot. F. Monpillard.

Grav. et Imp. Prieur et Dubois
Puteaux.

Georges CARRÉ et C. NAUD, Éditeurs



PLANCHE XXV

Planche XXV

BULBE DE L'HOMME : ENTRE-CROISEMENT DES PYRAMIDES

(Coupe transversale)

Grossissement : 10 diamètres.

A la partie supérieure de la moelle épinière, ou inférieure du bulbe, les faisceaux *pyramidaux croisés* (FPC) se déplacent ; le faisceau gauche passe à droite et inversement. Comme conséquence, le sommet des cornes antérieures (CA) est séparé de la base (BC).

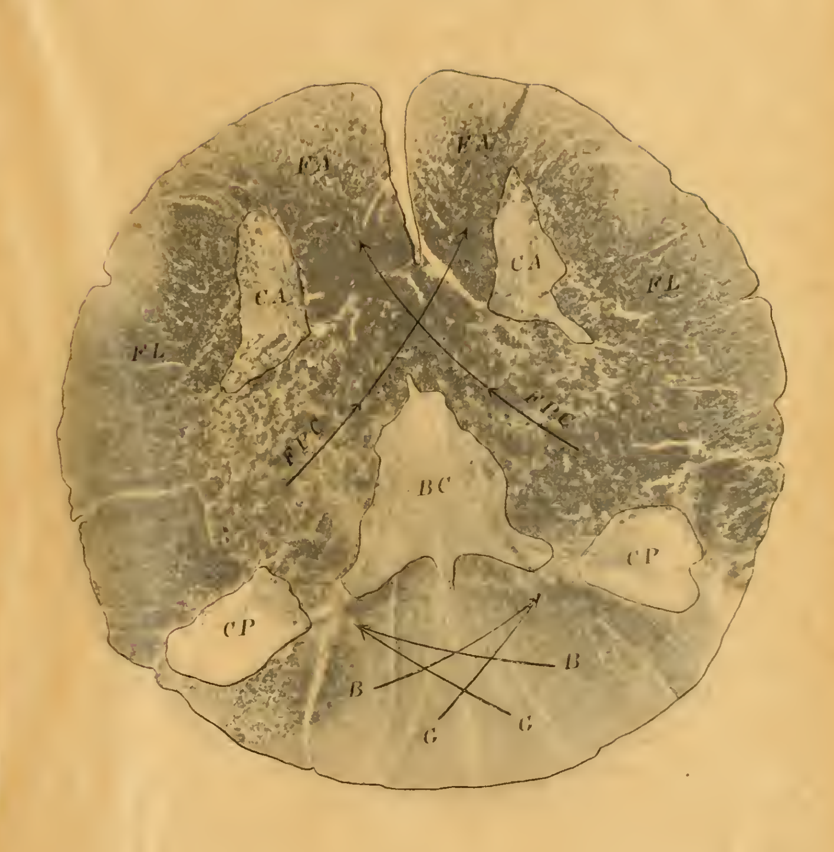
Un peu plus haut, les faisceaux postérieurs qui font suite aux faisceaux de Goll (G) et Burdach (B) (1) s'entrecroisent à leur tour ; il en résulte la disjonction des cornes postérieures (CP), leur sommet est isolé de leur base (BC).

La préparation représente ce double entre-croisement, terminé pour les faisceaux pyramidaux, commencé pour les faisceaux postérieurs. Comme résultat, la substance grise est morcelée en cinq groupes ou noyaux : deux pour les cornes antérieures, deux pour les cornes postérieures, un pour la *base des cornes* (BC) qui reste indivise.

FL : faisceaux latéraux.
FA : » antérieurs.
FP : » postérieurs.

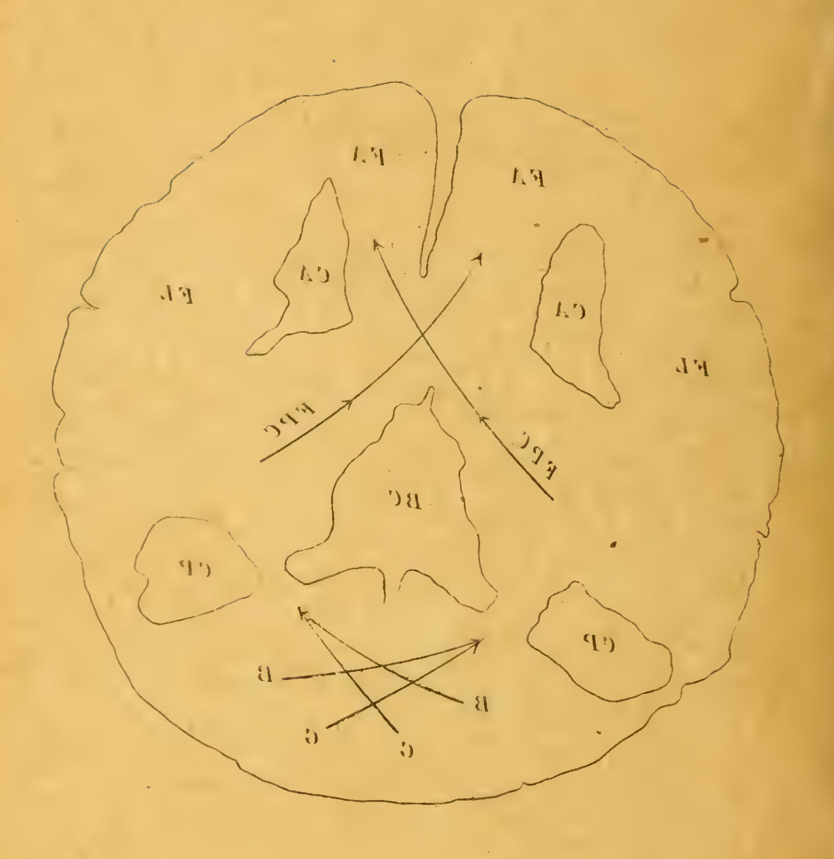
---

(1) Les faisceaux de Goll et de Burdach se terminent, en haut de la moelle, autour de neurones sensitifs centraux. Les prolongements de ces neurones forment de nouveaux faisceaux qui continuent la direction des fibres de Goll et de Burdach ; ce sont ces faisceaux nouveaux qui s'entre-croisent.



25

Georges CARRÉ et C. NAUD Éditeurs





Prép. Et. Rabaud.
Microphot. F. Monpillard.

Grav. et Imp. Prieur et Dubois
Puteaux.

Georges CARRÉ et C. NAUD, Éditeurs

PLANCHE XXVI

Planche XXVI

BULBE DE L'HOMME : RÉGION DES OLIVES

(Coupe transversale)

Grossissement : 10 diamètres.

Sur une coupe transversale du bulbe, pratiquée au-dessus de l'entre-croisement des pyramides, on retrouve les diverses parties constituantes de la moelle ainsi que des parties surajoutées.

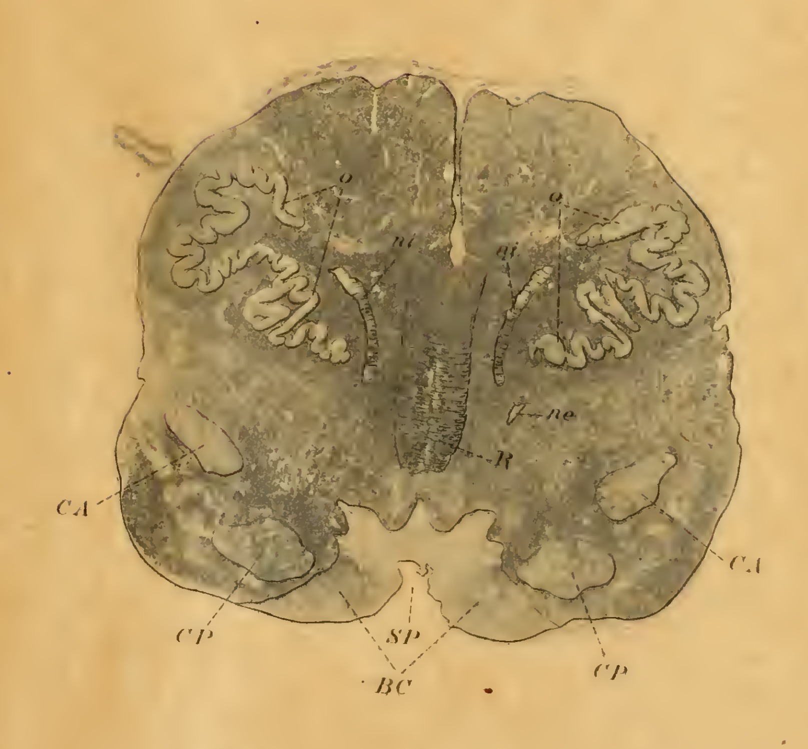
La substance grise, dissociée par l'entre-croisement des faisceaux sensitifs et moteurs, est située à la partie postérieure du bulbe. La base des cornes BC limite le bord postérieur de l'organe, la tête des cornes forme à droite et à gauche, dans le tiers postérieur, deux amas gris (CA et CP), l'un au-devant de l'autre.

Les faisceaux sensitifs et moteurs, déplacés, sont venus se juxtaposer à la partie antérieure, derrière les faisceaux moteurs directs.

La substance grise surajoutée, l'*olive* (*o*), se présente sous la forme d'un ruban très sinueux dont l'aspect général est celui d'un U. L'ouverture de l'U ou hile de l'olive regarde la ligne médiane ; son sommet regarde en dehors ; il est coiffé d'une lame de substance blanche qui fait une hernie légère et se distingue très bien à l'œil nu sur le bulbe entier.

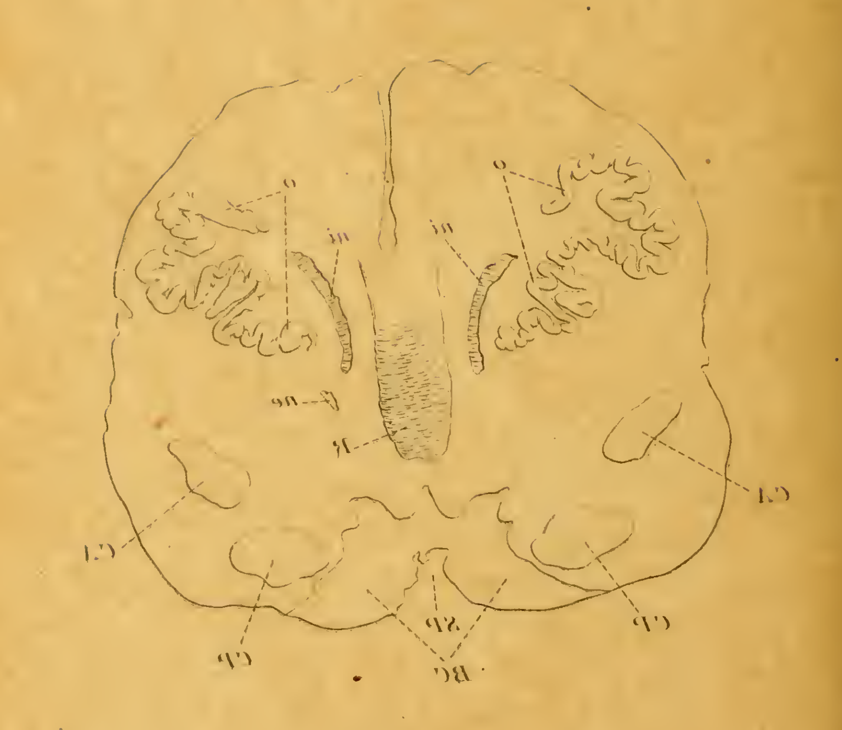
Dans l'ouverture du hile, de part et d'autre de la ligne médiane, on distingue une lame grise arquée, qui se dirige en arrière et en dehors, c'est le *noyau juxta-olivaire antéro-interne* (*ni*). Un second noyau, celui-ci postéro-externe (*na*), situé entre l'olive et la tête des cornes antérieures, se voit mal sur la préparation.

Enfin, il existe de nombreuses fibres blanches surajoutées. L'entre-croisement des diverses fibres forme sur la ligne médiane le *raphé* (R).



26

GEORGES CARRÉ ET C. NAUD, ÉDITEURS





Prép. Et. Rabaud.
Microphot. F. Monpillard.

Grav. et Imp. Prieur et Dubois
Puteaux.

Georges CARRÉ et C. NAUD, Éditeurs

PLANCHE XXVII

Planche XXVII

CERVELET DE L'HOMME

Grossissement : 85 diamètres.

La préparation reproduite ci-contre, obtenue par les procédés ordinaires de coloration, ne saurait donner sur la structure du cervelet tous les détails aujourd'hui connus. Elle fournit seulement une *indication topographique* des divers éléments constitutifs du cervelet ; des préparations au chromate d'argent de Golgi la compléteraient utilement. Nous avons dû renoncer à représenter ici quelques-unes de ces préparations, cela nous eût entraîné hors des limites qui nous étaient tracées.

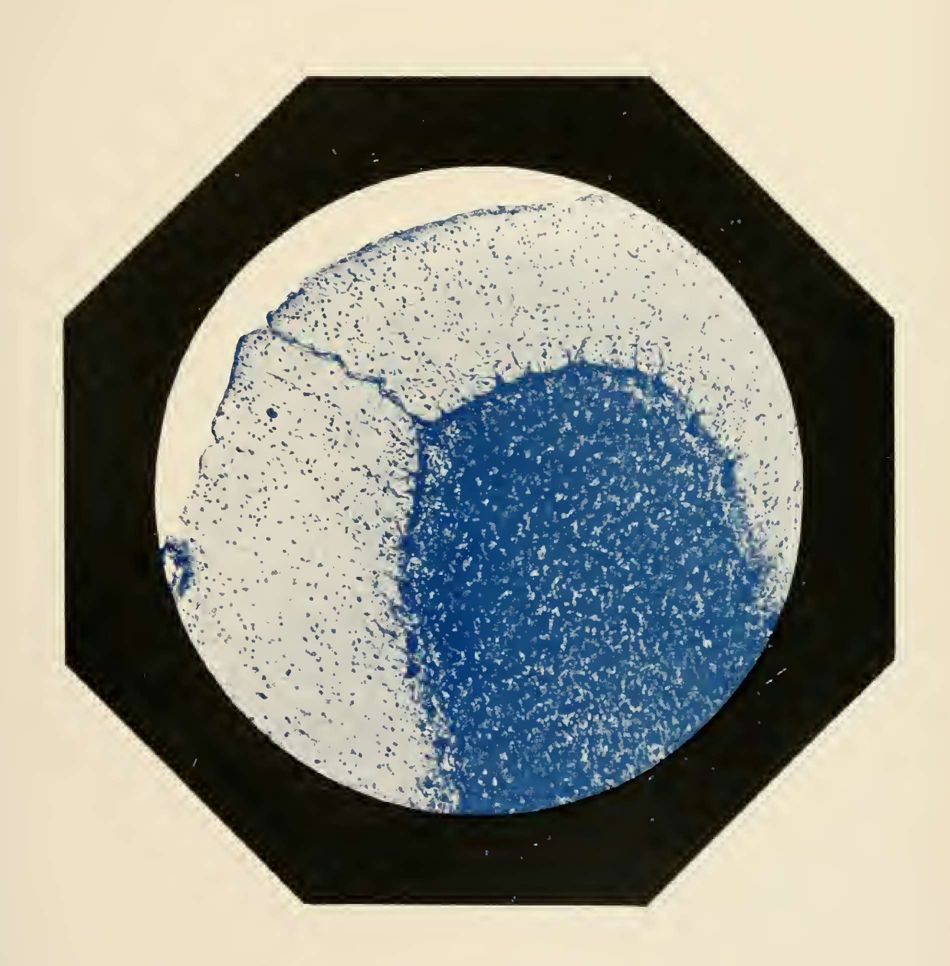
En suivant la nomenclature ancienne, nous distinguons immédiatement dans la coupe : la couche externe ou zone moléculaire (*zm*), la couche interne ou zone granuleuse (*zg*). A l'union de ces deux couches se trouve l'assise des *cellules de Purkinje* (*Pj*), éléments volumineux caractéristiques du cervelet, possédant une riche arborisation protoplasmique que les colorants ordinaires mettent fort mal en relief ; l'un de ces prolongements pénètre dans la zone granuleuse, tandis que les autres s'épanouissent dans la zone externe et atteignent la surface du cervelet. C'est la section de ces prolongements qui donne en partie l'aspect finement granuleux à cette zone externe. Mais cette zone renferme en outre des éléments cellulaires munis de prolongements nombreux.

Des nombreuses cellules de la zone granuleuse interne, qui forment l'amas très coloré de la planche, il faut faire trois groupes :

Les petites cellules — les grandes cellules — les cellules de névroglie.



27



Prép. Et. Rabaud.
Microphot. F. Monpillard.

Grav. et Imp. Prieur et Dubois
Puteaux.

Georges CARRÉ et C. NAUD, Éditeurs

PLANCHE XXVIII

Planche XXVIII

ÉCORCE CÉRÉBRALE DE L'HOMME

(Coupe perpendiculaire à l'axe d'une circonvolution)

Grossissement : 85 diamètres.

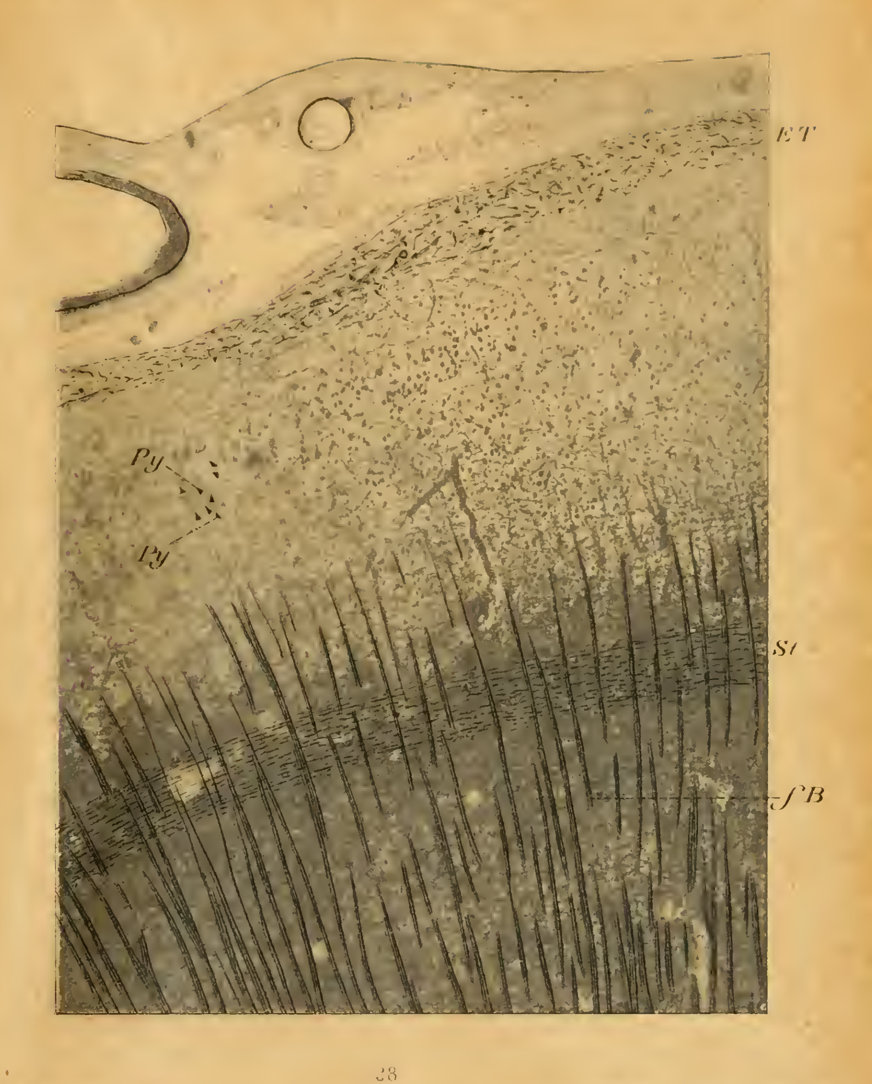
L'axe de la circonvolution est occupé par des fibres blanches qui s'irradient en se dissociant dans la couche grise. On voit nettement sur la coupe ces irradiations des fibres à myéline (*f*). Dans la couche grise on trouve encore d'autres fibres, celles-ci dirigées parallèlement à la surface du cerveau, formant un réseau avec les fibres diverses issues des parties sous-jacentes. L'un de ces réseaux est situé immédiatement à la surface ; c'est le réseau sous-méningé d'Exner-Tuesek (E.T.) : il est constitué par de fines fibrilles.

Le second est situé plus profondément et souvent il est visible à l'œil nu ; il forme une bande connue sous le nom de *strie de Baillarger*.

Toute la coupe est parsemée d'un très grand nombre d'éléments cellulaires auxquels appartiennent en partie les diverses fibres que nous venons de désigner. En particulier, les fibres tangentielles du réseau d'Exner-Tuesek (E.T.) sont les prolongements des *cellules de Cajal*. Ces cellules, polygonales, fusiformes ou triangulaires, ont pour caractère (tout au moins les fusiformes et les triangulaires) de posséder plusieurs prolongements cylindraxiles qui ne sortent pas de la couche.

La couche moyenne est occupée par des éléments de forme pyramidale (triangulaire sur la coupe) rangés les uns au-dessus des autres, les cellules pyramidales. Les dimensions de ces éléments s'accroissent de la superficie vers la profondeur. Ce sont les éléments caractéristiques de l'écorce cérébrale, l'un d'eux est représenté à part à la Pl. XXIX. On les distingue à leur forme triangulaire sur la Pl. XXVIII (Py).

Les éléments les plus profonds forment la couche des *cellules polymorphes*.



28

Prép. [illegible]
Microph. [illegible]

[illegible] Imp. Prieur et Dubois
Puteaux.

Georges Carré et C. Naud, Éditeurs



Prép. Et. Rabaud.
Microphot. F. Monpillard

Grav. et Imp. Prieur et Dubois
Puteaux.

Georges CARRÉ et C. NAUD, Éditeurs



PLANCHE XXIX

Planche XXIX

CELLULE PYRAMIDALE DU CERVEAU

(Imprégnation au chromate d'argent)

Grossissement : 165 diamètres.

Cet élément possède de nombreux prolongements protoplasmiques bien mis en évidence par l'imprégnation argentique.

Les prolongements issus du sommet sont relativement longs ; ils donnent de nombreuses ramifications qui vont se terminer librement dans la couche d'Exner-Tuesek. Les prolongements issus des angles latéraux, courts et pâles, se terminent au contact des cellules voisines.

A la base naît un prolongement cylindre-axile, qui s'engage dans la substance blanche.

c : corps cellulaire.

d : prolongements.



29

Microphot.

LAURE et C. NAUD Éditeurs





Prép. Et. Rabaud.
Microphot. F. Monpillard.

Grav. et Imp. Prieur et Dubois
Puteaux.

Georges CARRÉ et C. NAUD, Éditeurs



PLANCHE XXX

Planche XXX

COUPE DE LA LANGUE

(Lapin)

Grossissement : 60 diamètres.

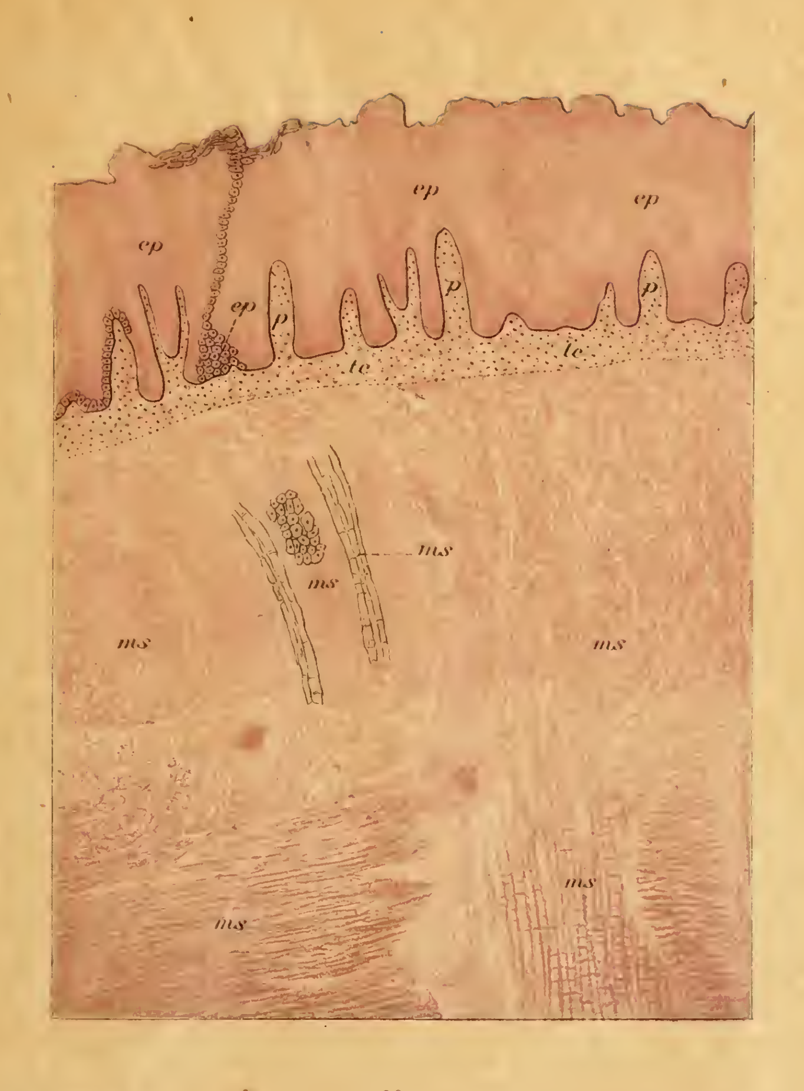
La langue est un ensemble de muscles striés revêtus d'un épithélium stratifié pavimenteux, épithélium très semblable à celui de la peau et de même origine. Dans l'ensemble, la description de l'un est la même que la description de l'autre.

L'épithélium (*ep*) de la préparation XXX est très épais ; il repose sur un soubassement de tissu conjonctif (*tc*). Ce dernier s'enfonce par endroits dans l'épithélium, par des saillies coniques intra-épidermiques, les papilles (*p*); la plupart sont simples, quelques-unes bifides.

La première assise de l'épithélium, faite de cellules cylindriques, est l'assise génératrice ; — la majeure partie des assises superposées renferment des cellules isodiamétrales; enfin, les assises les plus voisines de la surface sont constituées par des cellules plus ou moins aplaties.

Le tissu conjonctif sous-jacent affecte deux aspects, suivant qu'on examine le tissu des papilles ou celui qui est immédiatement sous-jacent. Dans les papilles (*p*) on trouve un tissu conjonctif formé de fibres et fibrilles extrêmement minces, avec une abondance assez considérable de cellules ; il a par suite un aspect peu cohérent. Au-dessous de lui, le tissu conjonctif redevient plus dense. Les faisceaux de fibrilles y sont en majeure partie orientés parallèlement au plan du derme. Ces deux aspects sont très nets sur la préparation.

Dans la langue, le derme est peu épais; il est remplacé par d'abondants faisceaux musculaires striés (*ms*) que l'œil voit, sur une coupe, sectionnés en tous sens. Ce fait suffira presque à caractériser l'organe.

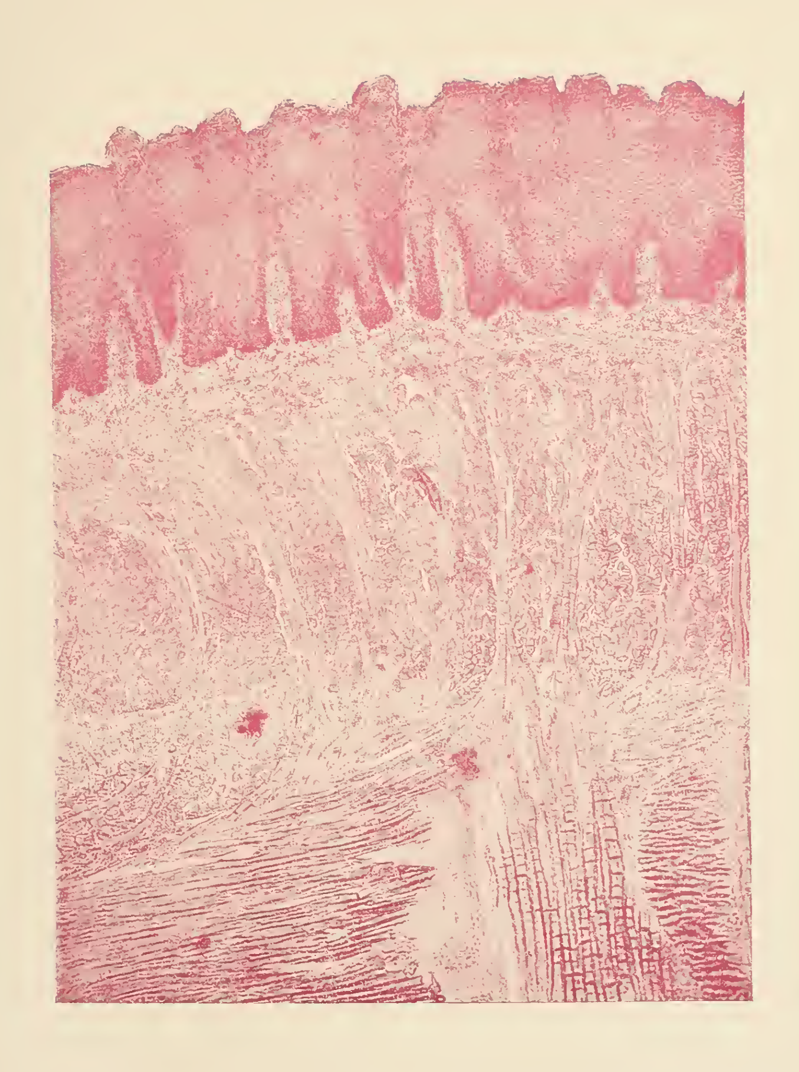


30

Prép. Et. R...
Microphot. F. Mon...ard.

Grav. ...

Georges CARRÉ et C. NAUD, Éditeurs



Prép. Et. Rabaud.
Microphot. F. Monpillard.

Grav. et Imp. Prieur et Dubois
Puteaux.

Georges CARRÉ et C. NAUD, Éditeurs



PLANCHE XXXI

Planche XXXI

COUPE DE LA PEAU

(Section transversale)

Grossissement : 25 diamètres.

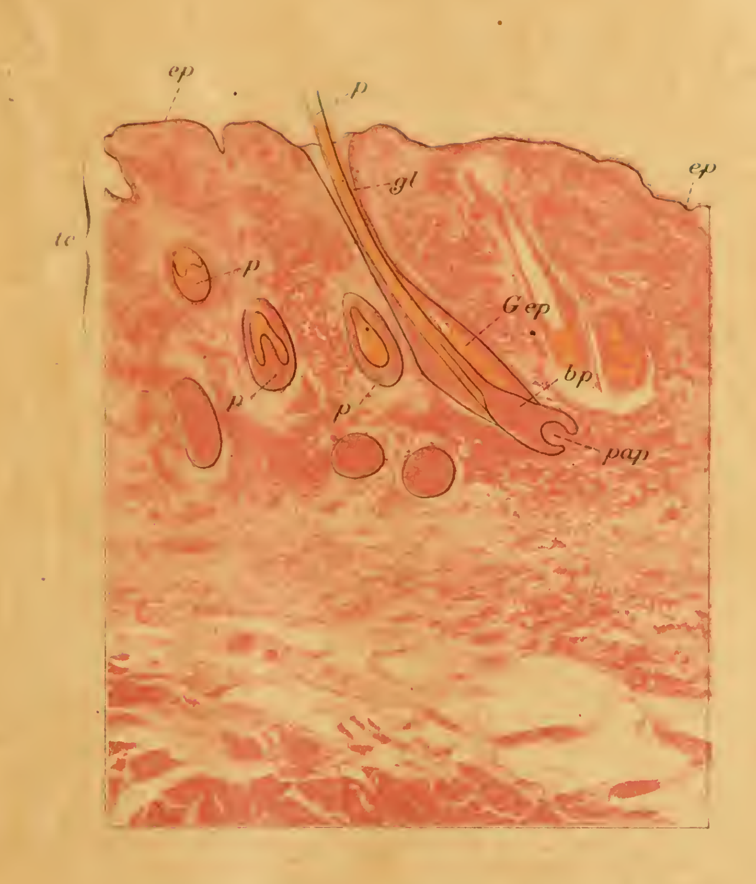
La préparation ci-contre donne l'aspect général de la peau.

L'épiderme (*ep*), extrêmement mince, repose sur son soubassement conjonctif, le derme (*tc*), très épais. A ce grossissement faible, on distingue mal les papilles.

Le derme est traversé par de nombreux poils (*p*) sectionnés un peu dans tous les sens. L'un d'eux a été pris parallèlement à sa longueur. Il présente sa *gaine* (G-*ep*) épithéliale en continuité directe avec l'épiderme et de même nature que ce dernier. Autour de la gaine épithéliale le tissu conjonctif forme lui aussi une gaine.

Le fond de la gaine épithéliale coiffe la *papille* (*pap*) du poil, amas vasculo-conjonctif. Il est facile de se rendre compte que le poil n'est autre chose qu'une prolifération du fond de la gaine épithéliale : il débute par une saillie conique, le bulbe (*bp*) du poil, qui correspond à la couche génératrice de la peau ; c'est le centre de formation du poil.

Durant la majeure partie de sa longueur, le poil reste au contact de sa gaine. Plus haut, il s'en sépare. C'est en ce point (*gl*) que débouchent les glandes sébacées, peu visibles sur la coupe.



31

Prép. L. ...
Microphot. ...
... *Imp.* ... et Dubois
Poitiers
Georges CARRÉ et C. NAUD, Éditeurs



Prép. Et. Rabaud.
Microphot. F. Monpillard.

Grav. et Imp. Prieur et Dubois
Puteaux.

Georges CARRÉ et C. NAUD, Éditeurs



PLANCHE XXXII

Planche XXXII

VASCULARISATION DE LA PEAU

Grossissement : 45 diamètres.

Les vaisseaux se disposent en un réseau au-dessous de l'épiderme, le *réseau sous-papillaire* (*rc*). Au niveau de chaque papille, le réseau envoie une artère qui se capillarise dans la papille, les capillaires confluent en une veine. L'ensemble de ces deux vaisseaux affecte la forme d'une anse. Sur la coupe, au niveau de chaque papille, on distingue ces anses sous forme d'un petit éperon (*ep*). En *r'c'* est un réseau autour de la racine d'un poil.



32

Microphot.

Georges CARRÉ et C. NAUD, Éditeurs





Prép. Et. Rabaud.
Microphot. F. Monpillard.

Grav. et Imp. Prieur et Dubois
Puteaux.

Georges CARRÉ et C. NAUD, Éditeurs



PLANCHE XXXIII

PLANCHE XXXIII

COUPE TRANSVERSALE DE L'ESTOMAC

(Chien)

Grossissement : 70 diamètres.

L'estomac est composé d'un épithélium cylindrique avec des glandes, d'un derme ou chorion, et de tuniques musculaires lisses.

L'épithélium (*ep*) est formé de cellules cylindriques en une seule assise. Il donne naissance à un grand nombre d'invaginations glandulaires (*gl*) qui, sur la coupe représentée, se trouvent sectionnées dans tous les sens, de sorte qu'on ne peut voir leurs connexions avec l'épithélium superficiel. Tout d'abord, l'épithélium invaginé reste semblable à lui-même et forme le tube excréteur (*cl*) des glandes; au fond de ces canaux sont suspendus deux ou plusieurs culs-de-sac glandulaires dont on voit les coupes dans tous les sens (1). Entre ces divers culs-de-sac pénètre un fin réseau conjonctif.

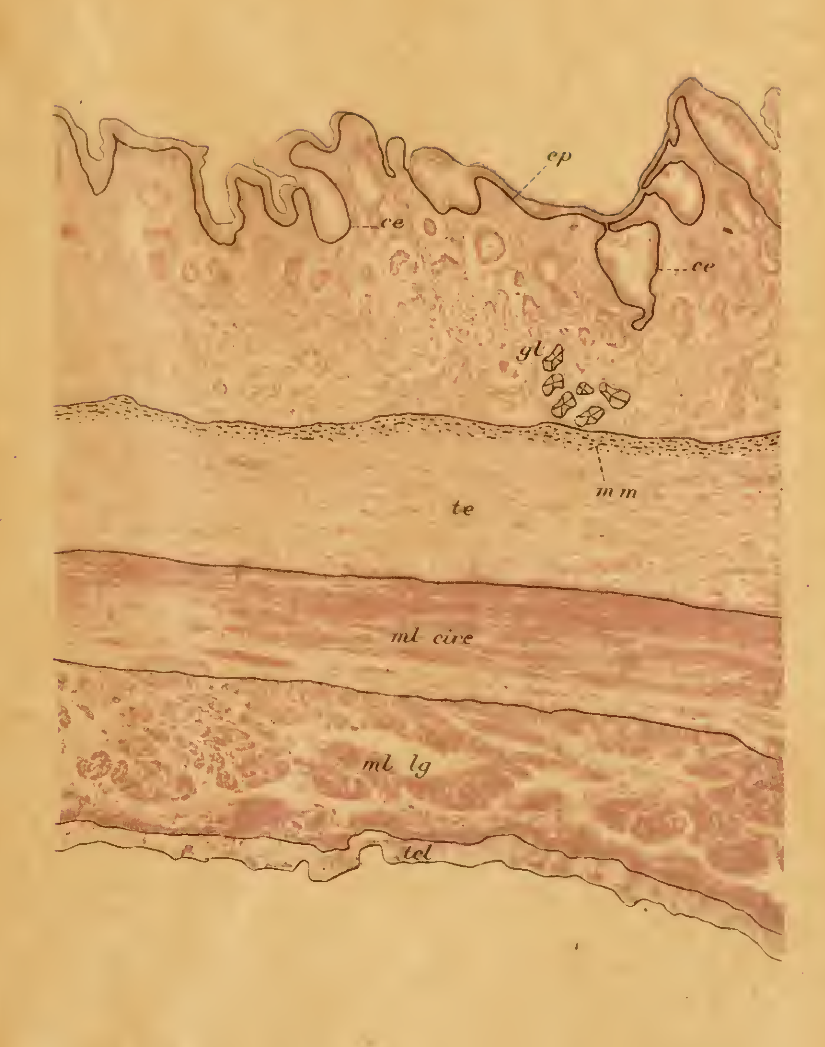
Au-dessous de la muqueuse se trouve une couche de tissu conjonctif (*tc*) qui renferme à sa partie supérieure, sous l'épithélium, une assise musculaire peu visible ici, le muscularis mucosæ (*mm*).

La tunique musculaire présente des fibres lisses coupées suivant leur longueur, appartenant à la couche circulaire (*ml circ*) — d'autres superficielles coupées transversalement (fibres longitudinales) (*ml lg*), — quelques autres sont coupées un peu obliquement.

La tunique musculaire est à son tour revêtue par du tissu conjonctif lâche (*tcl*).

---

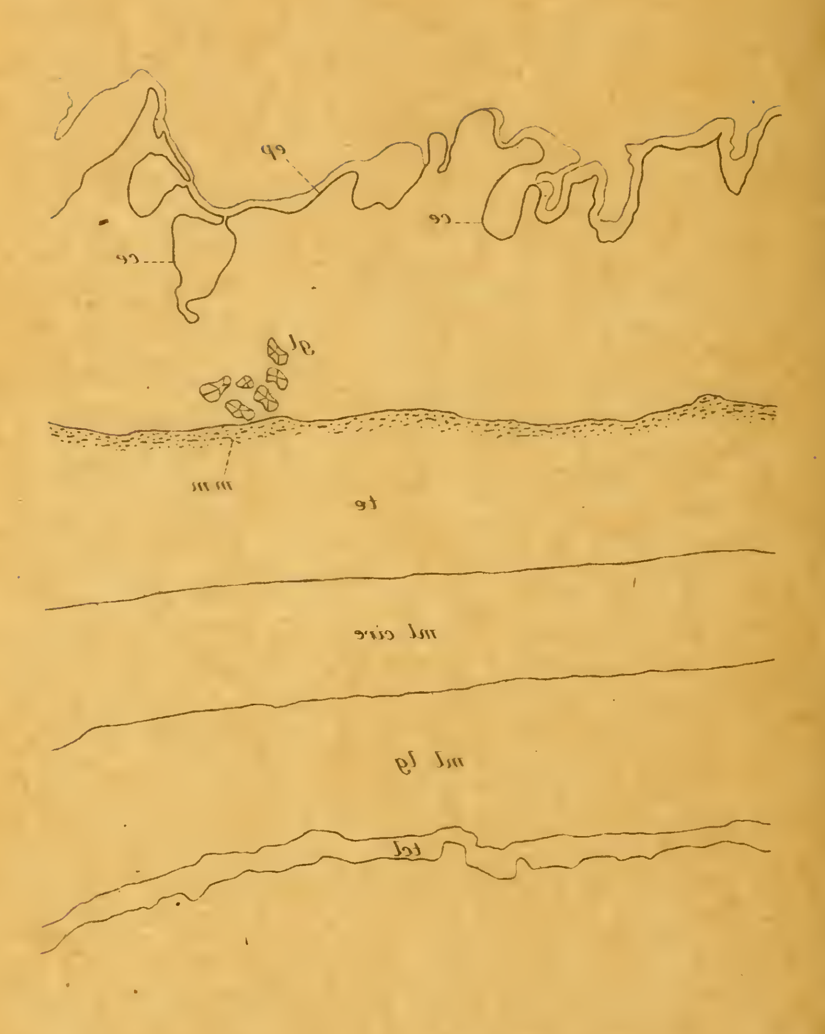
(1) Les deux espèces d'éléments cellulaires des glandes ne peuvent se distinguer à ce grossissement.

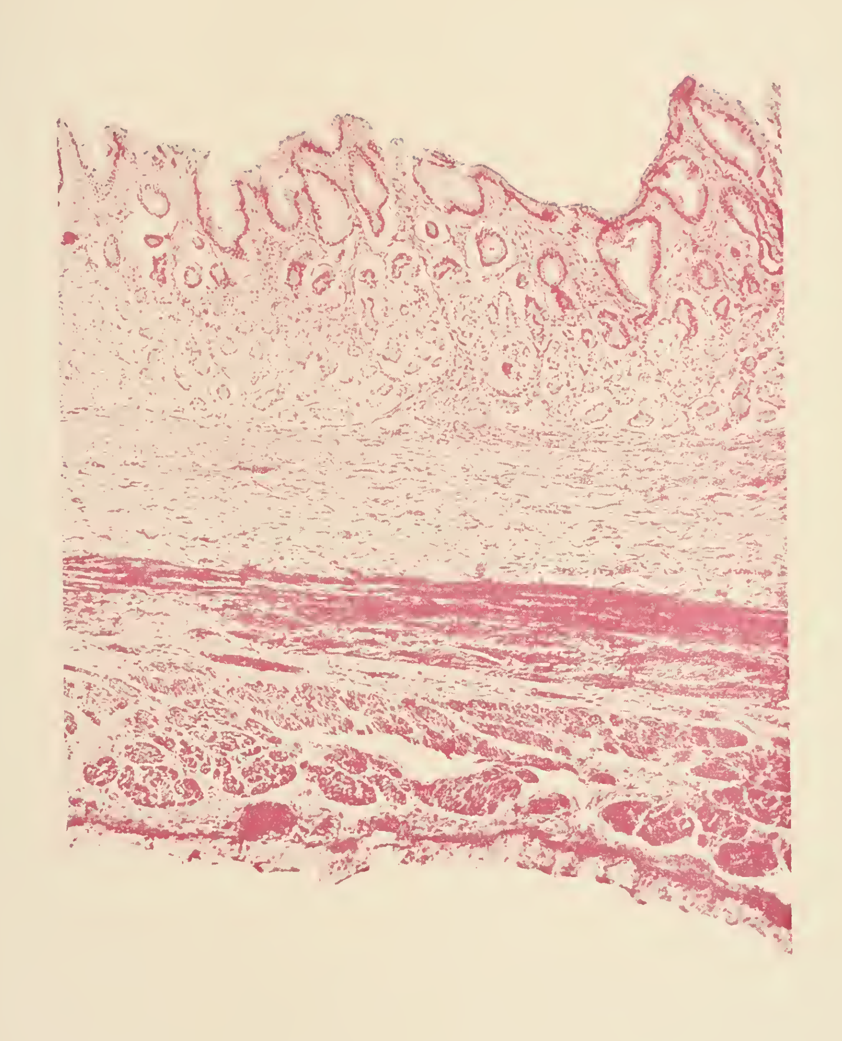


33

Prep. Dr P...
Microphot. F. M...

Georges CARRÉ et C. NAUD, Éditeurs





Prép. Et. Rabaud.
Microphot. F. Monpillard.

Grav. et Imp. Prieur et Dubois
Puteaux.

Georges CARRÉ et C. NAUD, Éditeurs

PLANCHE XXXIV

Planche XXXIV

COUPE DE L'INTESTIN GRÊLE

(Section perpendiculaire à l'axe)

Grossissement : 45 diamètres.

La surface interne de l'intestin grêle est hérissée de *villosités* (*vil*), c'est-à-dire de saillies vasculo-conjonctives revêtues d'un épithélium cylindrique simple. La préparation ci-contre représente très exactement ces villosités ; elle montre la forme des cellules de l'épithélium dont le caractère est, on le sait, d'avoir leur surface libre revêtue et protégée par un *plateau*. Entre ces cellules sont interposées des cellules caliciformes qui tranchent en clair sur le reste de l'épithélium.

Au fond des sillons qui séparent deux villosités s'ouvrent de nombreuses glandes (*gl*) ; la préparation met ce fait en évidence. Ces glandes ne dépassent pas la couche sous-muqueuse ; ce sont les glandes de Lieberkühn en tube simple, quelquefois double, comme la préparation en montre un exemple.

Le chorion (*tc*) possède une *muscularis mucosæ* (*mm*) que l'on voit ici très nettement ; elle se compose de deux couches, l'une de fibres lisses coupées en long (couche circulaire), l'autre de fibres coupées en travers (couche longitudinale). Le reste du chorion est destiné à soutenir des vaisseaux et des nerfs.

Enfin, la musculeuse, très épaisse, possède ses deux couches caractéristiques : la couche circulaire (interne) (*ml. circ*) coupée en long, la couche longitudinale (externe) (*ml. lg*) coupée en travers.



34

Prép. [illegible]
Microphot [illegible]

[illegible]

[illegible] C. NAUD, Éditeurs



Prép. Et. Rabaud.
Microphot. F. Monpillard.

Grav. et Imp. Prieur et Dubois
Puteaux.

Georges CARRÉ et C. NAUD, Éditeurs



PLANCHE XXXV

PLANCHE XXXV

VAISSEAUX DE L'INTESTIN GRÊLE

Grossissement : 50 diamètres.

La préparation montre les vaisseaux intestinaux formant autour des glandes un réseau (*rc*) à mailles quadrangulaires, qui enveloppe ces glandes d'une sorte de cage treillissée.

Les vaisseaux pénètrent dans la villosité dont ils dessinent la forme. Ils constituent un réseau capillaire abondant au voisinage du sommet, immédiatement sous la membrane basale de l'épithélium.

L : cavité de l'intestin.



35



Prép. Et. Rabaud.
Microphot. F. Monpillard.

Grav. et Imp. Prieur et Dubois
Puteaux.

Georges CARRÉ et C. NAUD, Éditeurs



PLANCHE XXXVI

Planche XXXVI

COUPE D'UNE GLANDE SALIVAIRE

(Sous-maxillaire d'un chien nouveau-né)

Grossissement : 120 diamètres.

La planche XXXVI donne le type d'une coupe de glande salivaire. Les divers culs-de-sac sont sectionnés transversalement ou un peu obliquement.

Chaque cul-de-sac (*cg*) est formé de 4 à 5 cellules (*c*) à section triangulaire, laissant une lumière centrale étroite (la glande n'ayant pas fonctionné). On remarquera que ces culs-de-sac sont réunis par groupes plus ou moins nombreux.

Plusieurs groupes paraissent orientés, et sont effectivement orientés, autour de la section transversale d'un canal constitué par 25 ou 30 cellules très étroites, prismatiques : c'est un canal excréteur (*ce*) des produits de sécrétion.

Entre les culs-de-sac existe un tissu conjonctif lâche (*tc*), peu abondant, qui supporte des vaisseaux et des nerfs. Quelques grandes travées indiquent la division de la glande en lobules réunissant un grand nombre de culs-de-sac.

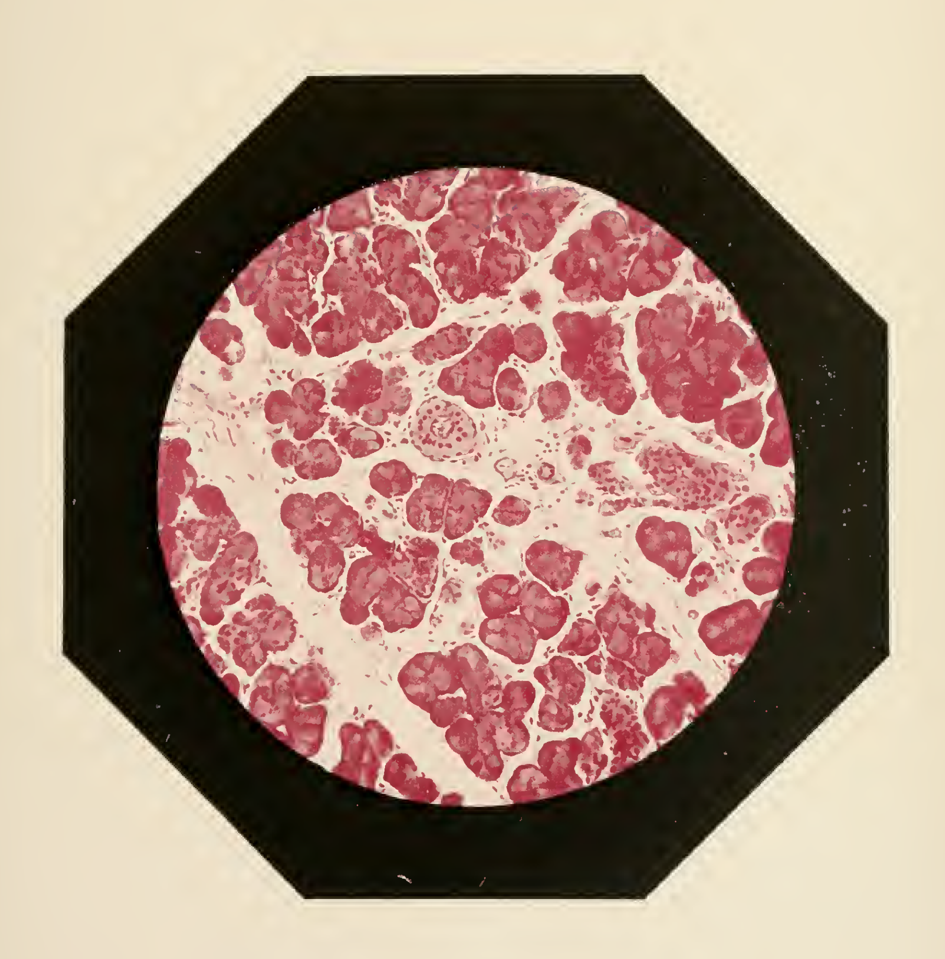


36

Prép. [illegible]
Microphot. [illegible]

[illegible]

[illegible] CARRÉ ET C. NAUD, ÉDITEURS



Prép. Et. Rabaud.
Microphot. F. Monpillard.

Grav. et Imp. Prieur et Dubois
Puteaux.

Georges CARRÉ et C. NAUD, Éditeurs





PLANCHE XXXVII

Planche XXXVII

COUPE DU FOIE

(Examinée à un grossissement faible)

(Lapin)

Grossissement : 45 diamètres.

Une coupe du foie est caractérisée par la section d'orifices béants circulaires (*vh*), les veines sus-hépatiques, disséminés à distance sensiblement égale, autour desquels s'orientent des travées de cellules (*ep*) à contours polygonaux. Chaque veine sus-hépatique devient ainsi le centre d'un lobule hépatique. On constate aussi l'existence d'espaces de forme irrégulière dans lesquels sont disposés en général trois rameaux : artère, veine et rameau biliaire, dans une atmosphère conjonctive ; ce sont les espaces de Kiernan (*esp*) dans lesquels les vaisseaux ne sont jamais béants.



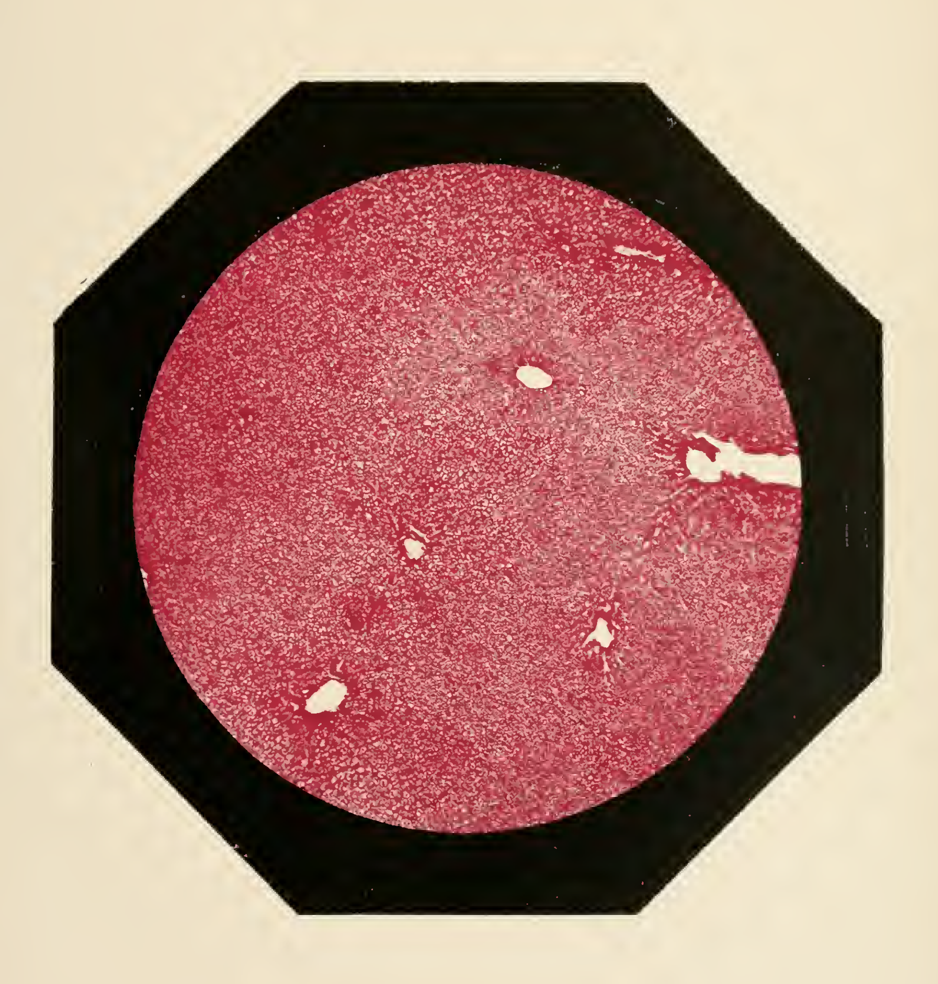
37

Prep. [illegible]
Microph. [illegible]

Grav. et Imp. [illegible] Dubois
[illegible]

[illegible] CARRÉ ET C. NAUD, ÉDITEURS





Prép. Et. Rabaud.
Microphot. F. Monpillard.

Grav. et Imp. Prieur et Dubois
Puteaux.

Georges CARRÉ et C. NAUD, Éditeurs

PLANCHE XXXVIII

Planche XXXVIII

COUPE DU FOIE

(A un grossissement plus fort)

Grossissement : 200 diamètres.

Si l'on examine de près l'un des territoires situés autour d'une veine sus-hépatique (*vh*), on constate tout d'abord que la paroi de cette veine est extrêmement mince et qu'elle est accolée, sans interposition de tissu conjonctif, à la première rangée de cellule. Ce fait explique la béance permanente de la veine.

Les cellules elles-mêmes (*c*) sont polyédriques (polygonales sur les coupes), munies d'un noyau (*n*) très net (quelquefois deux). En regardant attentivement, on remarque que ces cellules sont disposées en files irradiées autour de la veine. Ces files sont plus ou moins accolées par paire; entre chaque paire existe un certain espace ; dans cet espace circule un vaisseau sanguin. Cette disposition se voit bien en certains points de la préparation.

Quant aux canalicules biliaires, limités par les cellules elles-mêmes, il est nécessaire, si l'on veut les montrer, de faire une préparation spéciale.



38

Prep.

Microphot.

Georges CARRÉ et C. NAUD, Éditeurs



Prép. Et. Rabaud.
Microphot. F. Monpillard.

Grav. et Imp. Prieur et Dubois
Puteaux

Georges CARRÉ et C. NAUD, Éditeurs



PLANCHE XXXIX

Planche XXXIX

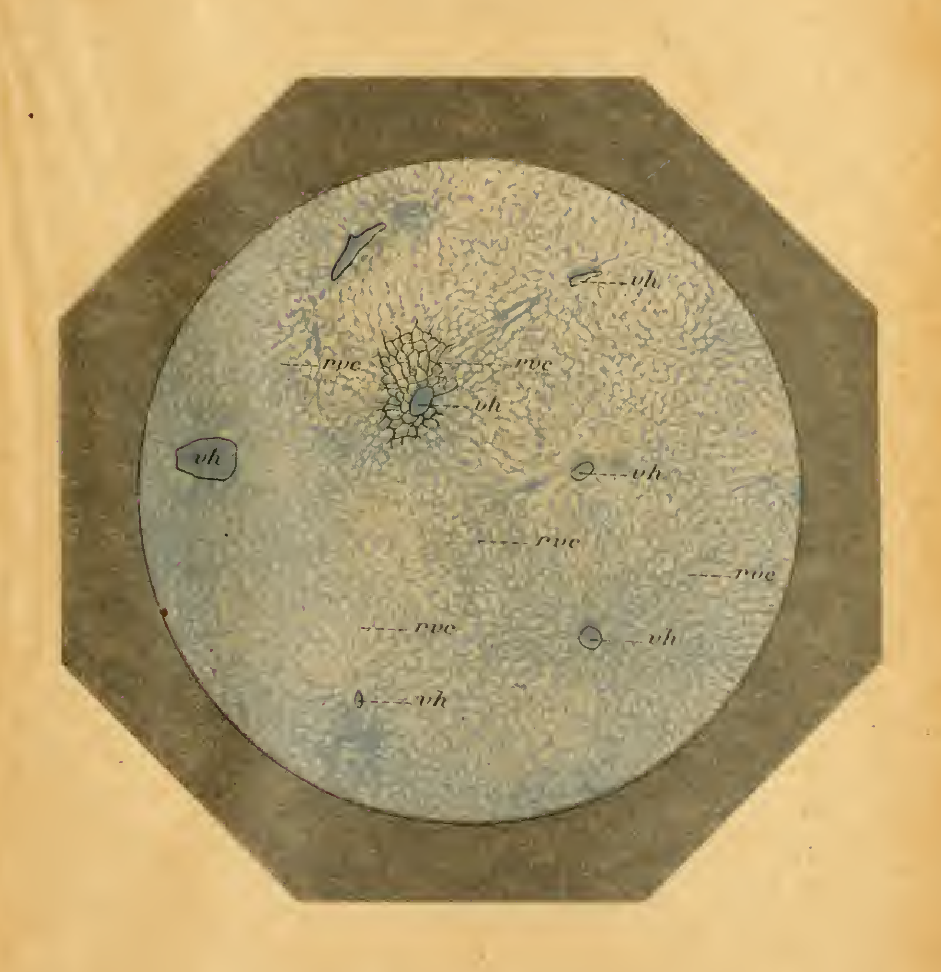
VASCULARISATION DU FOIE

Grossissement : 60 diamètres.

L'injection du foie montre que les capillaires (*r v c*) forment un réseau constitué par des vaisseaux convergeant vers les veines sus-hépatiques (*vh*) et anastomosés entre eux par des branches transversales.

L'ensemble forme un réseau à mailles vaguement quadrilatères.

De plus, l'aspect de la vascularisation indique avec assez de netteté le territoire des divers *lobules hépatiques*.

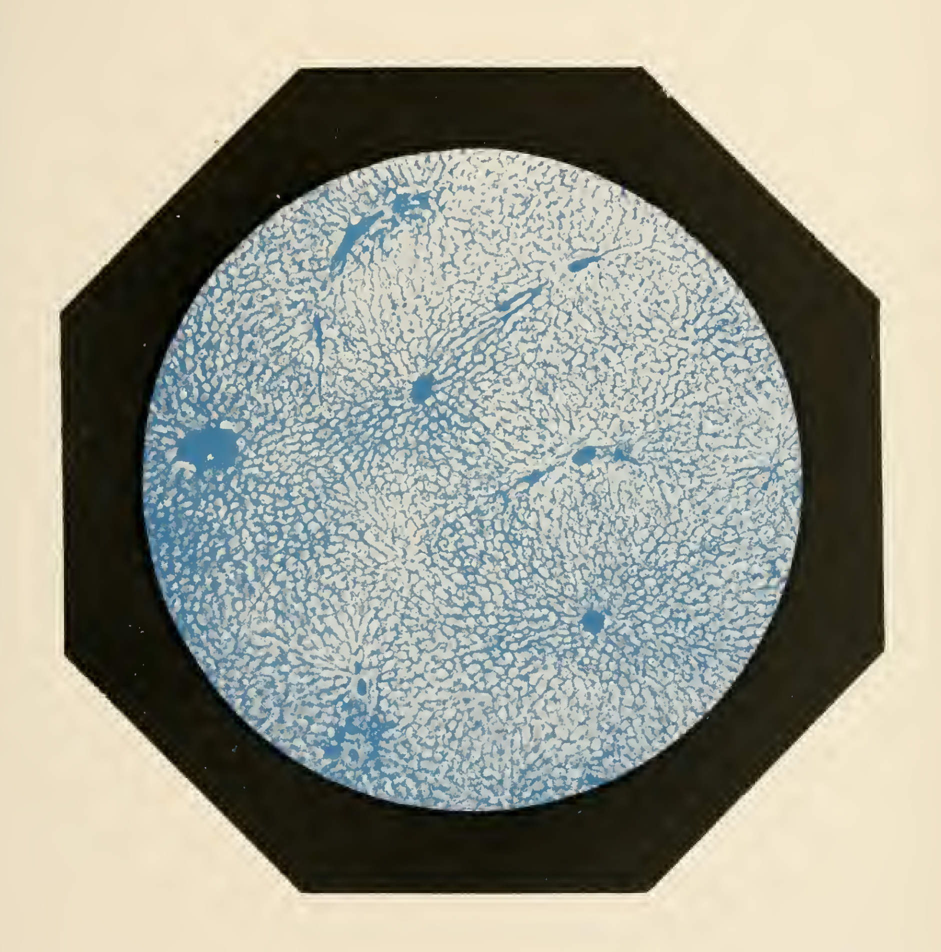


39.

Microphot.

Georges CARRÉ et C. NAUD, Éditeurs





Prép. Et. Rabaud.
Microphot. F. Monpillard.

Grav. et Imp. Prieur et Dubois
Puteaux.

Georges CARRÉ et C. NAUD, Éditeurs

PLANCHE XL

Planche XL

COUPE LONGITUDINALE D'UNE DENT INCISIVE

Grossissement : 15 diamètres.

La planche ci-contre ne demande pas d'explications étendues, le grossissement étant trop faible pour montrer aucun détail.

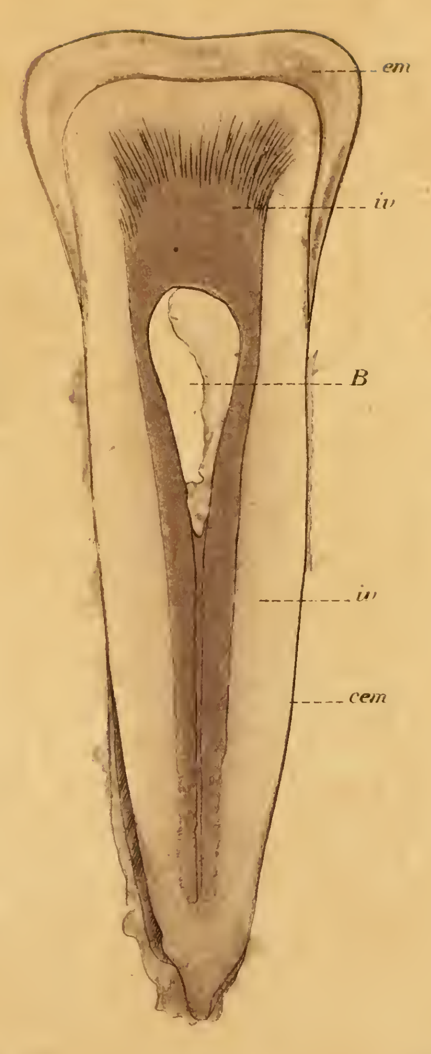
Elle donne des indications de pure topographie.

E*m* : émail.

I*v* : ivoire.

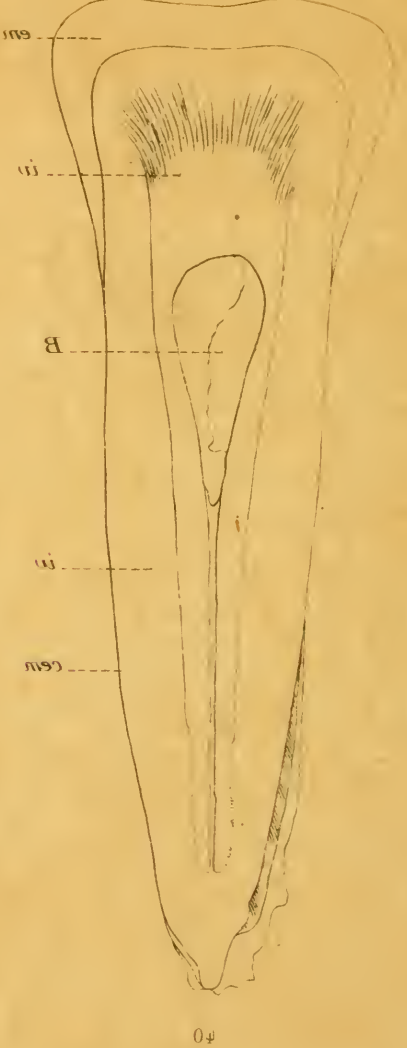
C*t* : ciment.

P : pulpe.



Prép. ... Microphot. ... 40

Georges CARRÉ et C. NAUD, Éditeurs





Prép. Et. Rabaud.
Microphot. F. Monpillard.

Grav. et Imp. Prieur et Dubois
Puteaux.

Georges CARRÉ et C. NAUD, Éditeurs



PLANCHE XLI

Planche XLI

COUPE DE LA RATE

(Chien)

Grossissement : 70 diamètres.

La préparation que nous reproduisons ici donne une vue d'ensemble des diverses parties de la rate. Elle suffit amplement pour reconnaître à première vue, dans tous les cas, le tissu splénique, c'est-à-dire :

La tunique propre de la rate (*f*), relativement épaisse, tissu fibro-élastique renfermant quelques fibres musculaires lisses, en particulier chez le chien. On aperçoit à droite l'origine de l'une des nombreuses cloisons (*cl*) qu'envoie cette enveloppe dans l'épaisseur de l'organe. Ces cloisons émettent une série de travées de plus en plus fines, qui forment un réseau à mailles très étroites, la charpente fibreuse de la rate ;

Les *corpuscules de Malpighi* (M), semblables comme structure à un follicule clos, qui ont pour caractère essentiel d'adhérer entièrement aux artérioles qui les traversent. Sur la préparation on peut voir un vaisseau (*va*) franchement engagé dans un corpuscule, un autre entourant à peine la surface d'un corpuscule voisin. Ces corpuscules sont constitués par un tissu réticulé renfermant dans ses mailles des globules blancs caractérisés par un gros noyau sphérique et un corps cellulaire peu abondant (lymphocytes) ;

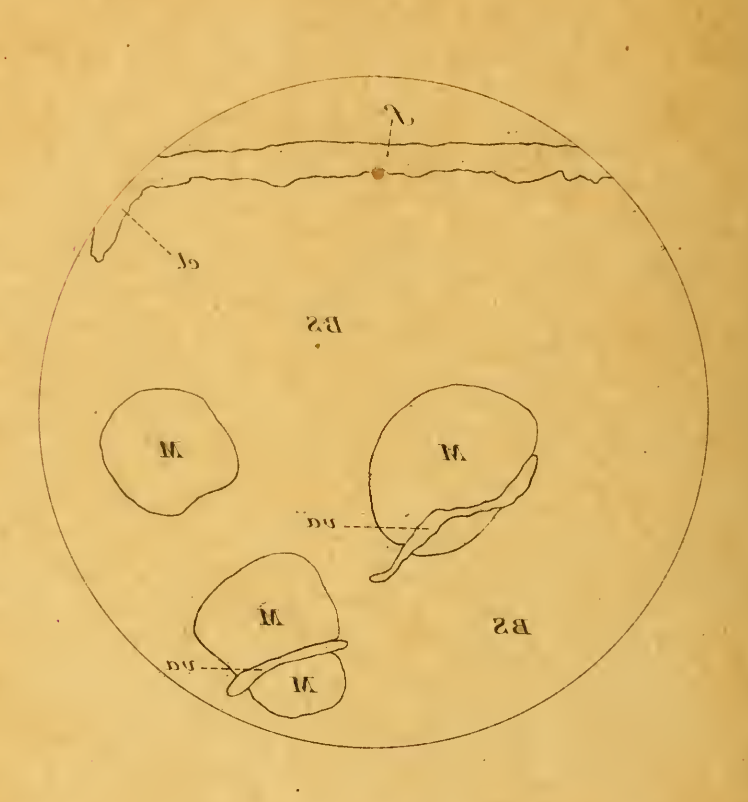
La *pulpe splénique* (B*s*) forme tout le reste de la substance de la rate. C'est encore un tissu réticulé renfermant des lymphocytes et en outre des globules rouges du sang.

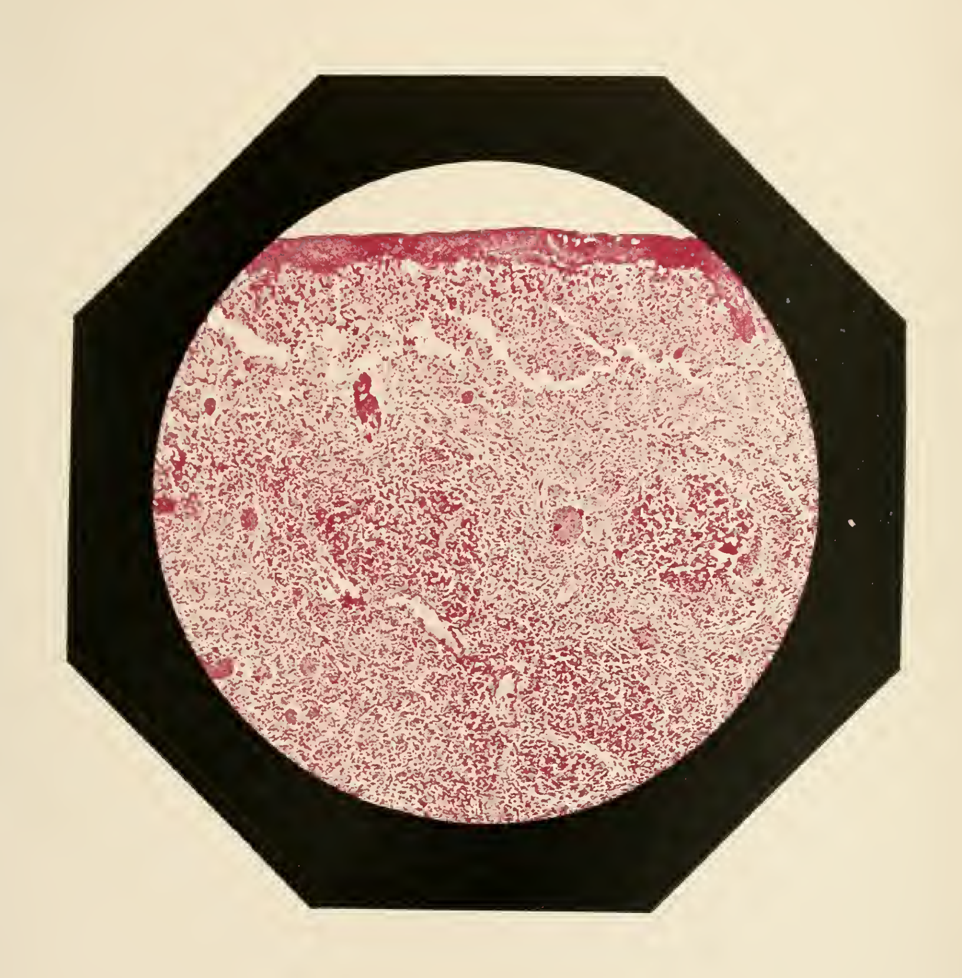


41

Grav. et Imp. Prieur et Dubois
Puteaux.

Georges CARRÉ et C. NAUD, Éditeurs





Prép. Et. Rabaud.
Microphot. F. Monpillard.

Grav. et Imp. Prieur et Dubois
Puteaux.

Georges CARRÉ et C. NAUD, Éditeurs

PLANCHE XLII

Planche XLII

COUPE DU POUMON

(Cobaye)

Grossissement : 55 diamètres.

Divers éléments permettent de caractériser une coupe de poumon.

On remarquera tout d'abord le réseau (A) qui occupe la majeure partie de la préparation. Les mailles de ce réseau sont généralement larges, les travées qui les délimitent sont délicates, grêles et sinueuses ; ce réseau représente les sections en divers sens d'une série d'alvéoles pulmonaires : les travées correspondent donc à des cellules très aplaties et larges (longues sur la coupe), les mailles sont les cavités même des alvéoles. Cet aspect est tout à fait spécial.

On remarquera en second lieu la section transversale de branchioles (B) de divers calibres. La muqueuse (*ep*) de ces bronchioles est extrêmement plissée (phénomène post mortem) et prend vaguement l'aspect de villosités intestinales (1). Tout autour de ces bronchioles se trouvent, en outre du chorion conjonctif, les faisceaux musculaires lisses (*ml*) et les noyaux cartilagineux (*k*) extrêmement nets.

Sur la droite de la préparation la section transversale d'une artériole (*v*).

---

(1) La reproduction par la photogravure a supprimé les détails de l'épithélium des bronchioles qui présente nettement ses cils vibratiles.



42

Prép.
Microphot.

Grav et Imp

GEORGES CARRÉ ET C. NAUD, ÉDITEURS



Prép. Et Rabaud.
Microphot. F. Monpillard.

Grav et Imp. Prieur et Dubois
Puteaux.

Georges CARRÉ et C. NAUD, Éditeurs

PLANCHE XLIII

Planche XLIII

COUPE DU CORPS THYROIDE

(Jeune cheval)

Grossissement : 95 diamètres.

Le corps thyroïde appartient au groupe des glandes closes. Il est constitué, comme le montre bien la préparation, par une série de vésicules complètement indépendantes les unes des autres. Ces vésicules sont très sensiblement sphériques et de volume variable. La préparation en représente un certain nombre, coupées suivant un plan plus ou moins éloigné de l'équateur ; il y a de ce chef des différences très notables dans les dimensions que l'on observe. Pour quelques-unes d'entre elles, la section est passée à travers la paroi même, de sorte que l'on a sous les yeux un disque multinucléé.

Les vésicules sont limitées par une seule assise de cellules cubiques (*ep*) possédant un volumineux noyau très visible ; dans la cavité s'accumule le produit de sécrétion, la substance colloïde (*col*) ; il a été coagulé par les fixateurs et s'est légèrement rétracté, de sorte qu'il ne paraît pas remplir exactement la cavité.

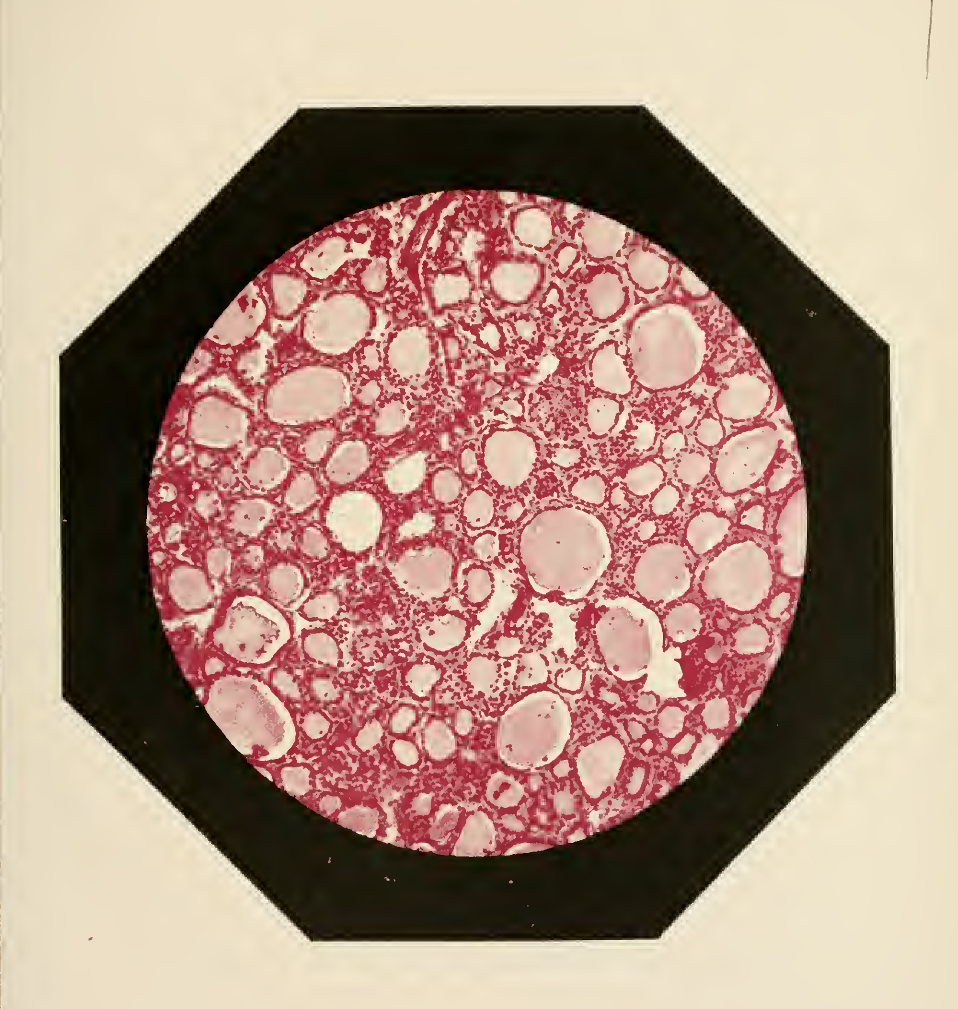
Ces diverses vésicules sont réunies entre elles par une trame délicate de tissu conjonctif supportant les vaisseaux et les nerfs.



43

Georges CARRÉ et C. NAUD, Éditeurs





Prép. Et. Rabaud.
Microphot. F. Monpillard.

Grav. et Imp. Prieur et Dubois
Puteaux.

Georges CARRÉ et C. NAUD, Éditeurs



PLANCHE XLIV

Planche XLIV

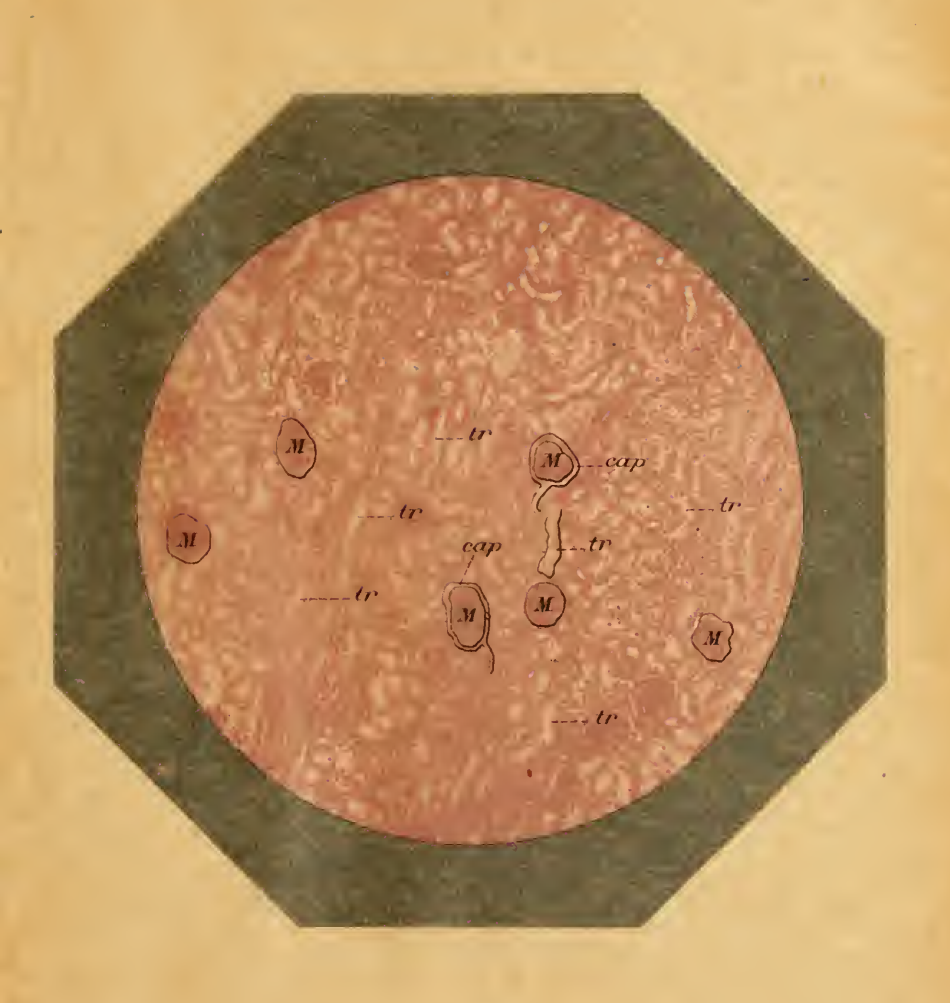
COUPE LONGITUDINALE DU REIN

(Chien)

Grossissement : 65 diamètres.

L'aspect caractéristique d'une coupe de rein est très exactement donné par la préparation XLIV. Elle montre une dizaine de *glomérules de Malpighi* (M) séparés par un très léger espace de la *capsule de Bowmann* (*cap*).

Ces glomérules sont enveloppés par les très nombreux tubes rénaux (*tr*) sectionnés un peu dans tous les sens. Ce sont les diverses parties des tubes contournés et des anses de Henle. Il est facile de reconnaître les tubes contournés et les anses montantes à leur fort calibre, comblés par des cellules hautes ne laissant qu'une faible lumière, tandis que les anses descendantes, de plus petit calibre, sont tapissées par des cellules basses laissant une lumière spacieuse.



44

Prof. [illegible]
Microph. [illegible]

Grav. et Imp. Prieur et Dubois
Puteaux.

Georges Carré et C. Naud, Éditeurs



Prép. Et. Rabaud.
Microphot. F. Monpillard.

Grav. et Imp. Prieur et Dubois
Puteaux.

Georges CARRÉ et C. NAUD, Éditeurs

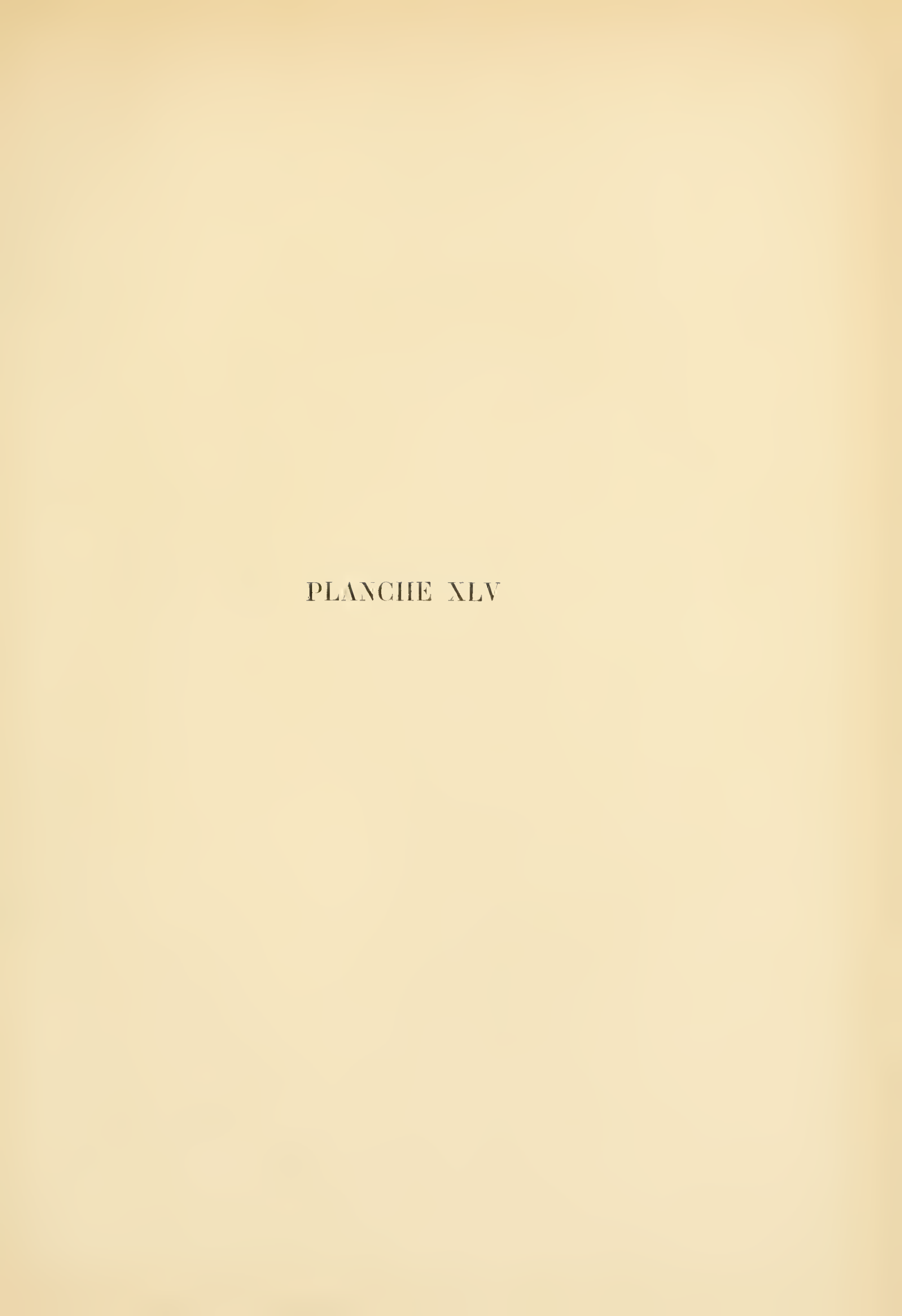


PLANCHE XLV

Planche XLV

REIN : COUPE TRANSVERSALE D'UNE PYRAMIDE DE MALPIGHI

Grossissement : 85 diamètres.

Cette coupe donne la structure des canaux vecteurs du rein (*tr*) de divers calibres et en particulier des tubes de Bellini.

On remaquera que, pour les uns et les autres, l'épithélium est bas, la lumière du canal large.

Une injection poussée par l'artère rénale permet de voir la distribution des vaisseaux (*v*).

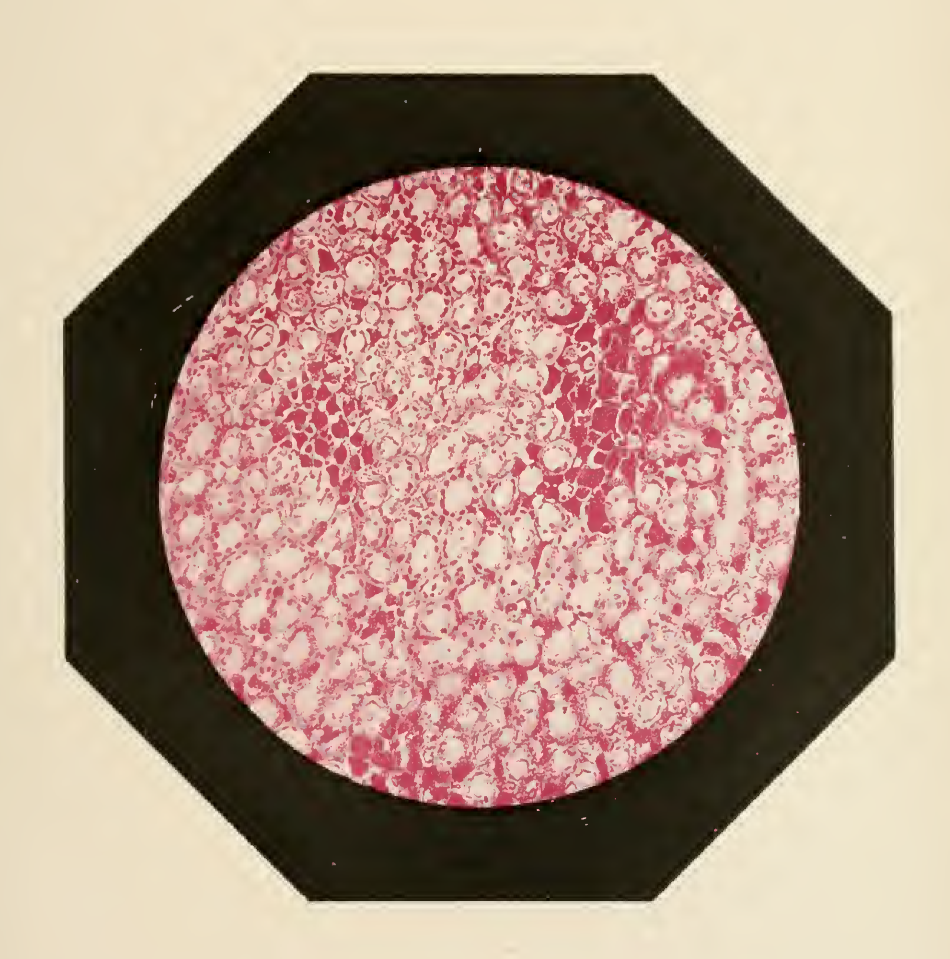


45

Grav. et Imp. Prieur et Dubois
Puteaux.

Georges CARRÉ et C. NAUD, Éditeurs





Prép. Et. Rabaud.
Microphot. F. Monpillard.

Grav. et Imp. Prieur et Dubois
Puteaux.

Georges CARRÉ et C. NAUD, Éditeurs



PLANCHE XLVI

Planche XLVI

VASCULARISATION DU REIN

Grossissement : 55 diamètres.

L'injection poussée par l'artère met en relief les artères lobulaires (*va*) qui donnent naissance aux artères glomérulaires (*ag*), lesquelles donnent naissance à leur tour au peloton vasculaire (*gv*) des glomérules de Malpighi.

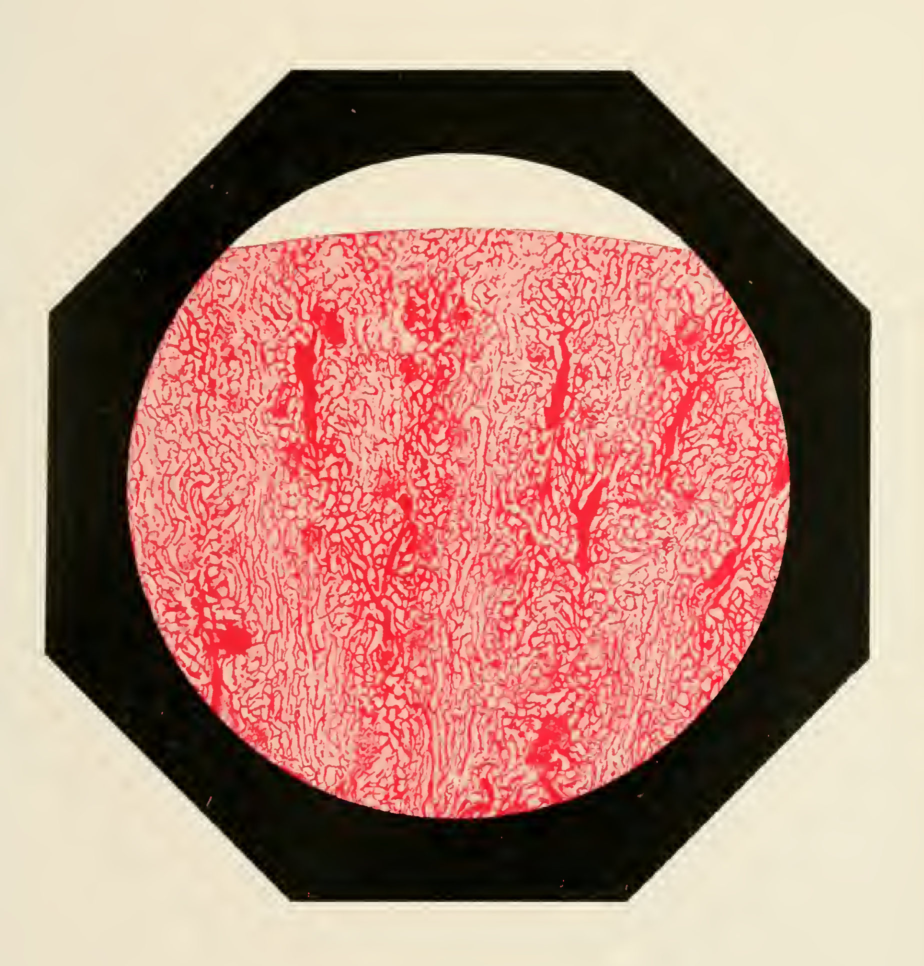


46

Grav. et Imp. Prieur et D...
Puteaux.

Georges CARRÉ et C. NAUD, Éditeurs





Prép. Et. Rabaud.
Microphot. F. Monpillard.

Grav. et Imp. Prieur et Dubois
Puteaux.

Georges CARRÉ et C. NAUD, Éditeurs

PLANCHE XLVII

Planche XLVII

COUPE TRANSVERSALE DE LA VESSIE

(Lapin)

Grossissement : 95 diamètres.

La muqueuse de la vessie (*ep*) est un épithélium pavimenteux stratifié. Les cellules les plus superficielles sont extrêmement aplaties. Cette muqueuse repose sur un chorion (*tc*) de tissu conjonctif dense.

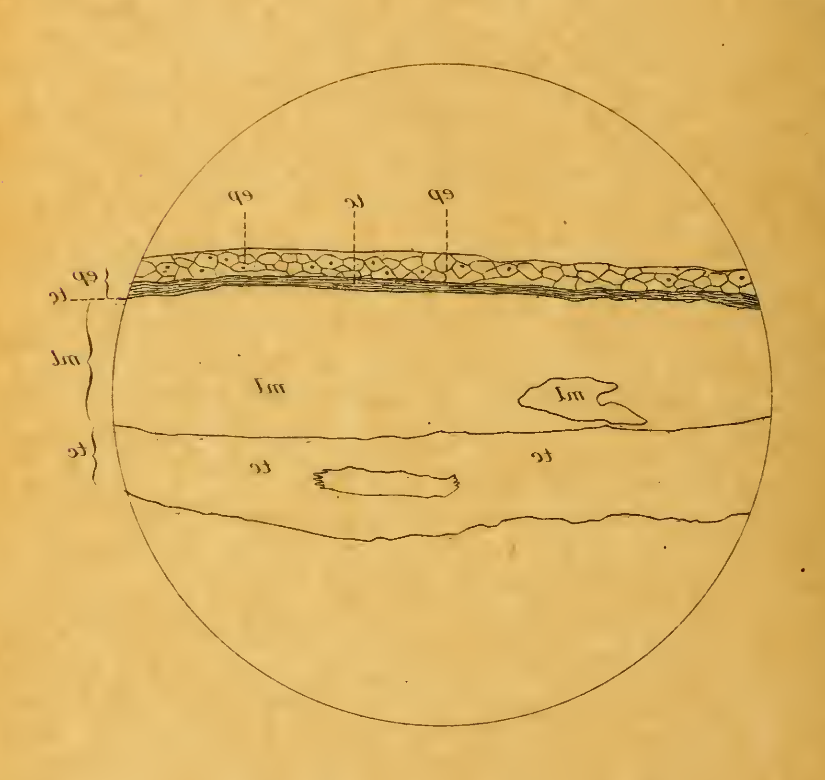
La musculaire est très épaisse. Des trois couches qui la composent, la couche moyenne des fibres circulaires est ici particulièrement épaisse. On voit que les fibres lisses (*ml*) forment une série de faisceaux distincts.



47

Grav. et Imp. Prie[illegible] et [illegible]
Puteaux.

Georges CARRÉ et C. NAUD, Éditeurs





Prép. Et. Rabaud.
Microphot. F. Monpillard.

Grav. et Imp. Prieur et Dubois
Puteaux.

Georges CARRÉ et C. NAUD, Éditeurs

PLANCHE XLVIII

Planche XLVIII

COUPE TRANSVERSALE DU TESTICULE

(Cobaye)

Grossissement : 315 diamètres.

Cette coupe montre avec une netteté suffisante la superposition des divers éléments cellulaires qui constituent les tubes séminifères. Il existe, au sujet de la genèse des spermatozoïdes, un certain nombre de théories sur lesquelles nous ne pouvons nous étendre. Nous devons nous contenter de signaler la superposition des diverses cellules qui évoluent de la profondeur vers la lumière du tube. On distingue les cellules pariétales (1) ; au-dessus d'elles des éléments plus volumineux, les spermatocytes (2), et au-dessus les diverses séries de spermatides (3 et 4) et spermatoblastes (5), de moins en moins volumineux, à noyau de plus en plus réduit ; enfin on voit s'étendre dans la lumière des tubes les flagelli (*fs*) des spermatozoïdes prêts à s'échapper.

La préparation ne montre pas les piliers de Sertoli auxquels des travaux récents attribuent un rôle actif dans la spermatogenèse *.

---

* Voir en particulier : Cl. Regaud. Sur la morphologie de la cellule de Sertoli et sur son rôle dans la spermatogénèse. *C. R. de l'Association des Anatomistes*. 1re session. Paris, 1899.

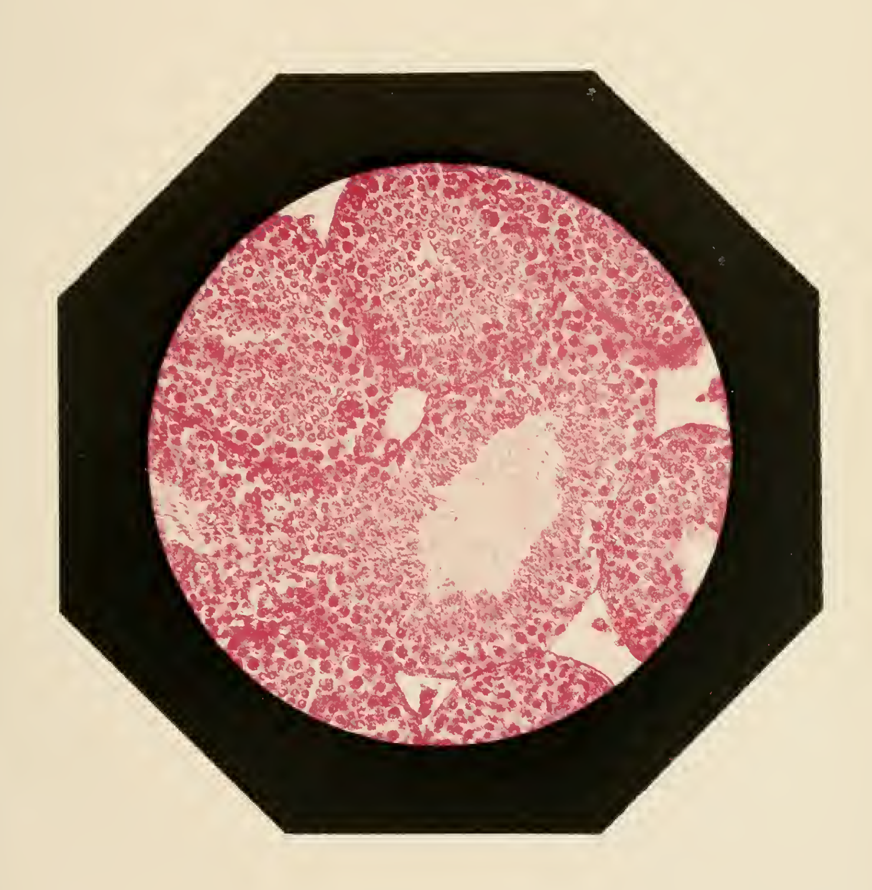


48

Grav. et Imp. Prieur et Dubois
Puteaux.

Georges CARRÉ et C. NAUD, Éditeurs





Prép. Et. Rabaud.
Microphot. F. Monpillard.

Grav. et Imp. Prieur et Dubois
Puteaux.

Georges CARRÉ et C. NAUD, Éditeurs



PLANCHE XLIX

Planche XLIX

SPERMATOZOIDES

(Lapin)

Grossissement . 325 diamètres.

La préparation ci-contre ne demande aucun texte explicatif ; elle montre la tête (*t*), le segment intermédiaire (*i*) et la queue (*q*) du spermatozoïde, sans qu'il soit nécessaire d'y insister.

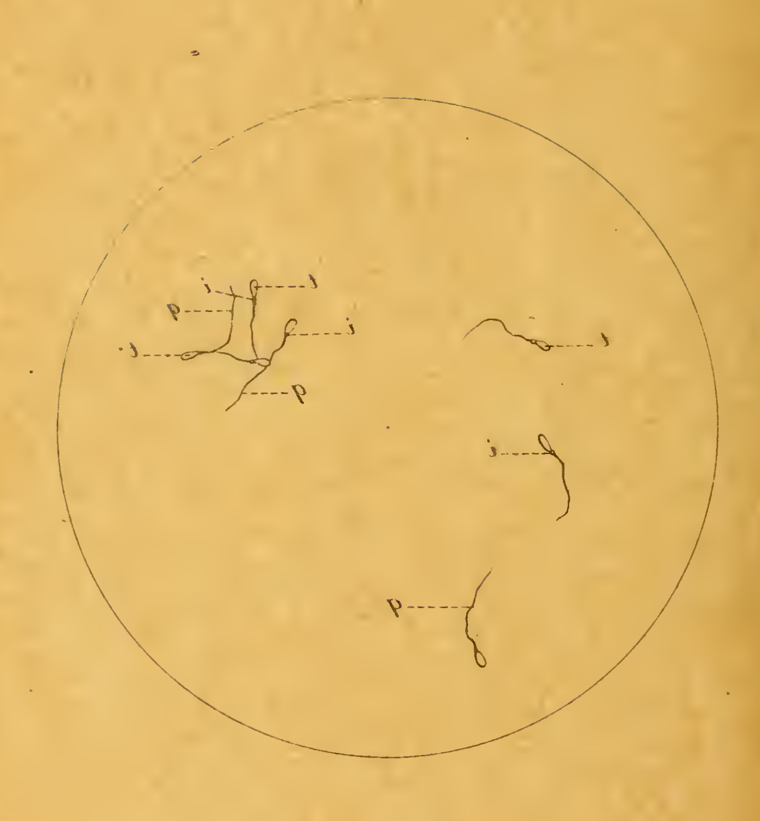
Faisons remarquer que la tête du spermatozoïde de l'homme est plus allongée (avec sa pointe en avant) que celui qui est ici représenté.

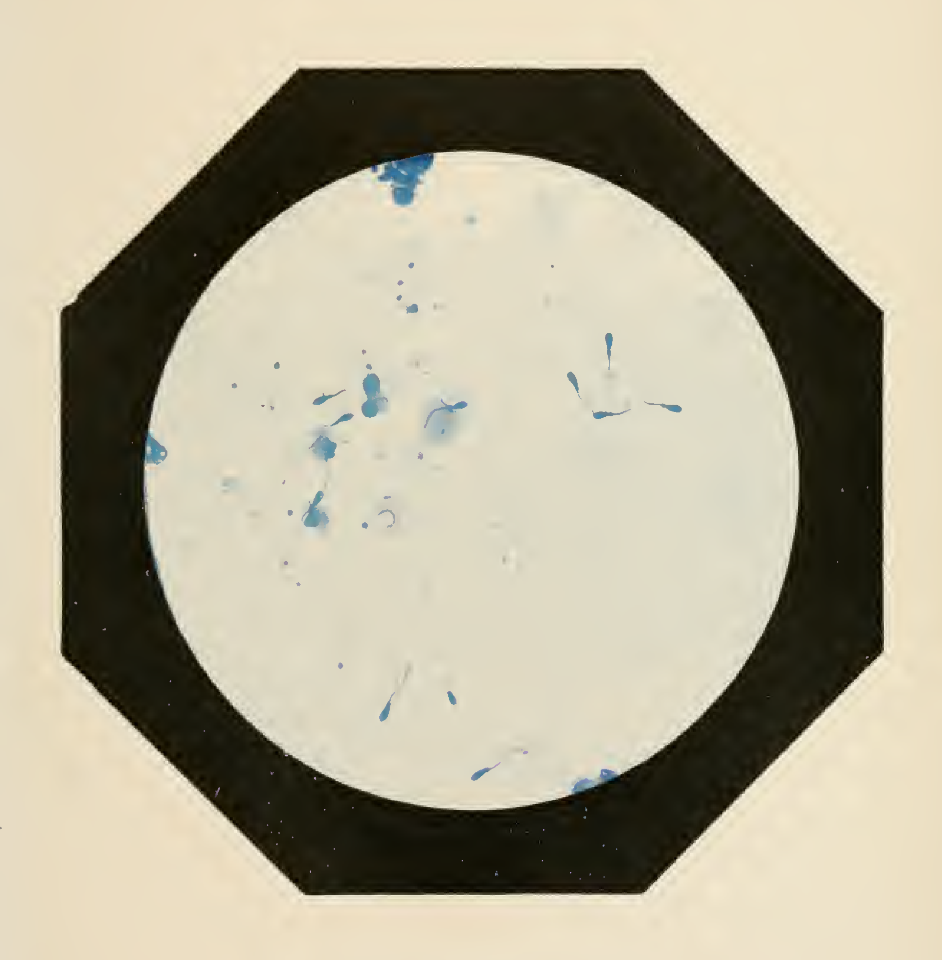


49

Grav. et Imp. Prieur et Dubois
Puteaux.

Georges CARRÉ et C. NAUD Éditeurs





Prép. Et. Rabaud.
Microphot. F. Monpillard.

Grav. et Imp. Prieur et Dubois
Puteaux.

Georges CARRÉ et C. NAUD, Éditeurs

PLANCHE L

Planche L

OVAIRE

(Lapine)

Grossissement : 85 diamètres.

L'ovaire est revêtu par une membrane épithéliale (*ep*) faite d'un seul amas de cellules cylindriques. Cet épithélium repose sur un très mince soubassement de tissu conjonctif — la fausse albuginée (*ta*) — qui n'est pas un chorion, mais simplement l'expansion du tissu conjonctif intra-ovarien. Au-dessous de la fausse albuginée nous trouvons, à divers états d'évolution, des *follicules de Graaf* (G). L'un d'eux presque complètement développé nous permet d'étudier leur structure. Dans une enveloppe de tissu conjonctif, la *theca folliculi* (*tc*), nous voyons une série d'éléments cellulaires disposés en strates, constituant la *membrane granuleuse du follicule* (*tg*). Cette membrane limite une cavité remplie d'un liquide : la *liquor folliculi* (*lf*). En un point de son contour, la membrane granuleuse fait dans la cavité une saillie : le *cumulus proliger* (*cp*). Dans ce cumulus un gros élément, l'*ovule* (*o*) lui-même, entouré de son épaisse *membrane vitelline* (*v*) et renfermant un nucléole ou *tache germinative* (*t*).

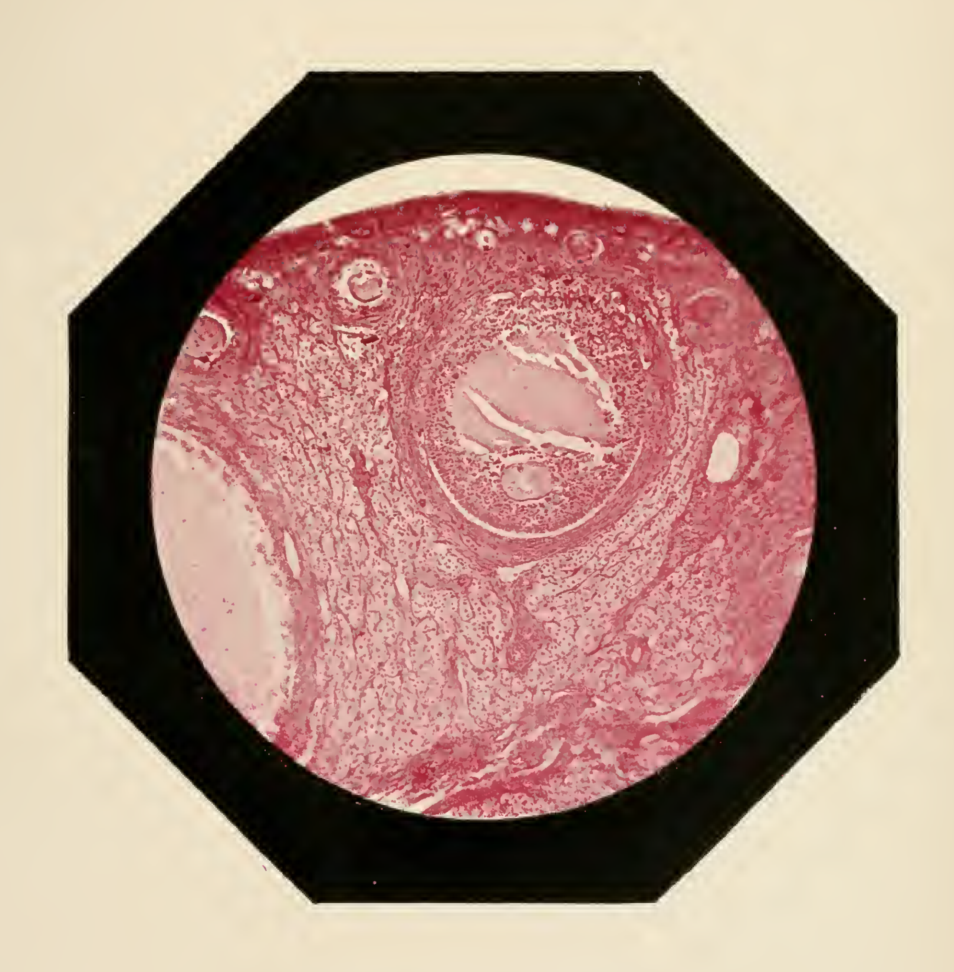
Le reste de l'ovaire — le centre même de l'organe — est constitué par la trame conjonctive dans laquelle sont logées des cellules (*ei*) sur le rôle desquelles on ne sait rien de précis.



50

Grav. et Imp. Prieur et Dubois
Puteaux.

Georges CARRÉ et C. NAUD, Éditeurs



Prep. Et. Rabaud.
Microphot. F. Monpillard.

Grav. et Imp. Prieur et Dubois
Puteaux.

Georges CARRÉ et C. NAUD, Éditeurs

TABLE DES PLANCHES

I. — TISSUS ÉLÉMENTAIRES

Planches.

I.	Tissu conjonctif lâche (Dissociation).
II.	Coupe du cartilage hyalin.
III.	Os plat (Coupe transversale).
IV.	Os long sec (Coupe transversale).
V.	Os long décalcifié (Coupe transversale).
VI.	Coupe transversale d'un os sec, examinée à un fort grossissement.
VII.	Globules rouges du sang de l'homme.
VIII.	Globules rouges du sang de batracien.
IX.	Fibres musculaires lisses.
X.	Fibres musculaires striées (Dissociation).
XI.	Fibres musculaires striées (Coupe transversale).
XII.	Réseau capillaire du muscle strié.
XIII.	Fibres musculaires cardiaques.
XIV.	Fibres nerveuses (Dissociation).
XV.	Fibres nerveuses (Coupe transversale).
XVI.	Endothélium nitraté.
XVII.	Cellules à cils vibratiles.
XVIII.	Cellules pigmentées (Épithélium pigmenté de la rétine).

II. — ORGANES

XIX.	Coupe transversale d'une artère musculaire (Fémorale du chien).
XX.	Moelle épinière de l'homme : région lombaire (Coupe transversale).
XXI.	Moelle épinière de l'homme : région dorsale (Coupe transv.).
XXII.	Moelle épinière de l'homme : région cervicale (Coupe transv.).
XXIII.	Coupe transversale de la moelle épinière de l'homme, destinée à montrer le faisceau pyramidal croisé.

Planches.

XXIV. Coupe transversale de la moelle épinière de l'homme, destinée à montrer le faisceau de Goll.

XXV. Bulbe de l'homme : entre-croisement des pyramides (Coupe transversale).

XXVI. Bulbe de l'homme : région des olives (Coupe transversale).

XXVII. Cervelet de l'homme.

XXVIII. Écorce cérébrale de l'homme (Coupe perpendiculaire à l'axe d'une circonvolution).

XXIX. Cellule pyramidale du cerveau (Imprégnation au chromate d'argent).

XXX. Coupe de la langue (Lapin).

XXXI. Coupe de la peau.

XXXII. Vascularisation de la peau.

XXXIII. Coupe de l'estomac (Chien).

XXXIV. Coupe de l'intestin grêle (Cobaye).

XXXV. Vaisseaux de l'intestin grêle.

XXXVI. Coupe d'une glande salivaire (Sous-maxillaire d'un chien nouveau-né).

XXXVII. Coupe du foie (Lapin).

XXXVIII La coupe précédente plus grossie.

XXXIX. Vacularisation du foie.

XL. Coupe longitudinale d'une dent incisive.

XLI. Coupe de la rate (Chien).

XLII. Coupe du poumon (Cobaye).

XLIII. Coupe du corps thyroïde (Jeune cheval).

XLIV. Rein : coupe longitudinale (Chien).

XLV. Rein : coupe transversale d'une pyramide de Malpighi.

XLVI. Vascularisation du rein.

XLVII. Coupe transversale de la vessie (Lapin).

XLVIII. Coupe transversale du testicule (Cobaye).

XLIX. Spermatozoïdes (Lapin).

L. Ovaire (Lapine).

TABLE DES MATIÈRES

Pages.
Préface. 1
Introduction a l'Histologie. 5

I. — La cellule. — La vie cellulaire.

1. Constitution de la cellule. 8
Structure du corps cellulaire. 9
Structure du noyau.. 11
Chromatine et linine. 11
Nucléoles.. 11
Membrane du noyau. 12
Centrosome. 12
2. Fonctions de la cellule. 12
Nutrition. 14
Respiration. 16
Mouvement. 16
Irritabilité. 17
Reproduction 18
Rôle du corps cellulaire et du noyau dans les fonctions de la cellule. 18
3. Reproduction de la cellule. 20
1° Phase du peloton. 21
2° Phase du spirème. 21
3° Phase de la rosette.. 22
4° Phase de la formation des anses 22
5° Phase de la plaque équatoriale. 23
6° Phase du dédoublement des anses. 23
7° Phase de la séparation des anses-filles. 24
8° Phase du diaster chromatique. 25
9° Phase d'achèvement. 25
Division directe. 26

Pages.
4. Association des cellules. — Division du travail. 27
5. Nature de la différenciation. 32
Causes de la différenciation. 33
Modifications chimiques du protoplasma. 35
Caractères objectifs de la différenciation. 40

II. — Étude générale des tissus.

1. Tissus de soutien. 45
Tissu conjonctif. 46
Tissu cartilagineux 49
Tissu osseux. 51
2. Tissus adipeux et pigmentaire. 53
Tissu adipeux. 54
Tissu pigmentaire. 55
3. Tissu épithélial. 56
Considérations générales. 56
Différenciations épithéliales. 60
Épithélium d'absorption. 62
Épithélium sécréteur ou glandulaire. 63
Épithélium excréteur.. 66
Épithélium respiratoire. 67
4. Tissu nerveux. 68
Différenciations des neurones. 75
Spécialisations sensitives et motrices. Organes des sens. . . . 78
Mémoire. 81
5. Tissu musculaire. 83
6. Système reproducteur. 85
7. Association des tissus. 87



CHARTRES. — IMPRIMERIE DURAND, RUE FULBERT.

